

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**"ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO
EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SATÉLITE, DISTRITO DE
LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA DE SAN MARTÍN.
REGIÓN SAN MARTÍN"**

TESIS
PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

POR:

BACH. RENATO ALONSO VIGIL FREYRE
ASESOR. ING. VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO

MORALES – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO
EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SATÉLITE, DISTRITO DE
LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA DE SAN MARTÍN.
REGIÓN SAN MARTÍN”**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Por:

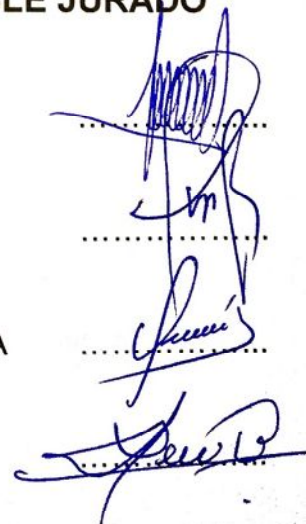
BACH. RENATO ALONSO VIGIL FREYRE
SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO

Presidente : ING. DANIEL DÍAZ PÉREZ

Secretario : ING. ERNESTO ELISEO GARCÍA RAMÍREZ

Miembro : ING. MSc. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA

Asesor : ING. VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO





DECLARACIÓN JURADA

Yo, RENATO ALONSO VIGIL FREYRE identificada con DNI
N° 70800223, domicilio legal Jr. Felipe Saavedra C-3, LAMAS, a efecto
de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados
y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de
San Martín-Tarapoto, DECLARO BAJO JURAMENTO, que todos los documentos,
datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y
veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad,
ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por
lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad
Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 11 de DICIEMBRE 2017

FIRMA



HUELLA DIGITAL

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: VIGIL FREYRE RENATO ALONSO	
Código de alumno : 093132	Teléfono: 952934457
Correo electrónico : Renatovigil@gmail.com	DNI: 70800223

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de: INGENIERÍA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título : ZONIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SATELITE, DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA DE SAN MARTÍN, REGIÓN SAN MARTÍN
Año de publicación: 2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Firma del Autor

8. Para ser llenado por la Biblioteca Central

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

01 / 12 / 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN TARAPOTO
UNIDAD DE BIBLIOTECA CENTRAL


Prof. Alicia Mercedes Grández Chávez
JEFE DE LA UNIDAD DE BIBLIOTECA CENTRAL

Firma de Unidad de Biblioteca

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A mis padres, por haberme formado con buenos sentimientos, hábitos y valores, por brindarme su cariño y apoyo incondicional durante mi trayectoria de formación universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme y darme fuerzas para afrontar los obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis padres, por brindarme su confianza, corregir mis faltas y celebrar mis triunfos, sé que están orgullosos de la persona que formaron y en la cual me he convertido.

Al Ing. Víctor Hugo Sánchez Mercado, por toda la colaboración brindada a través de su asesoría durante la elaboración de este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, por brindarme las facilidades y el apoyo técnico para la realización de los ensayos de laboratorio para el presente Proyecto en su Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.

ÍNDICE

	pág.
Carátula	
Contra Carátula	
Aprobación de Textos	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice	v
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 EXPLORACIÓN PRELIMINAR ORIENTANDO LA INVESTIGACIÓN	2
1.3 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO.....	3
II. MARCO TEORICO	8
2.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
2.2 OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECIFICO.	10
2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.5 MARCO TEÓRICO O FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .	11
2.6 MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGÍA BÁSICA.....	60
2.7 MARCO HISTÓRICO	60
2.8 HIPÓTESIS A DEMOSTRAR	62
III. MATERIALES Y METODOS	62
3.1. MATERIALES.....	62
3.2. METODOLOGIA.....	66

IV. RESULTADOS	71
4.1. CARACTERÍSTICAS DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SATÉLITE, DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO	71
4.2. COMPOSICIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.	72
4.3. RESULTADOS DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA.....	74
4.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	75
4.5. RESULTADOS DE LA DENSIDAD DE CAMPO.	76
4.6. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LOS SUELOS, ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN	76
4.7. CAPACIDAD ADMISIBLE DE LOS SUELOS	77
4.8. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS:	78
V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	82
5.1. ANÁLISIS.....	82
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
6.1. CONCLUSIONES.....	93
6.2. RECOMENDACIONES.	94
VII. BIBLIOGRAFIA	96
7.1. BIBLIOGRAFÍA.....	96
7.2. LINKOGRAFÍA.....	97
VIII. ANEXOS	98

Anexo N° 01: Constancia de ingreso al laboratorio de suelos

Anexo N° 02: Ensayo de laboratorio

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Ubicación geográfica del proyecto.....	4
Cuadro N° 02: Tamaño de partículas	32
Cuadro N° 03: Tamaño máximo de la muestra para determinar humedad	35
Cuadro N° 04: Serie típica y alternativa de tamices	39
Cuadro N° 05: Tamaño máximo de partículas	40
Cuadro N° 06: Factor de corrección	47
Cuadro N° 07: Resumen de la obtención del contenido de humedad natural.	71
Cuadro N° 08: Resumen de las características granulométricas	72
Cuadro N° 09: Resumen de los Límites de Consistencia	74
Cuadro N° 10: Resumen de la clasificación de los suelos	75
Cuadro N° 11: Resumen Densidad de Campo.....	76
Cuadro N° 12: Resumen Parámetros Geotécnicos	76
Cuadro N° 13: Resumen Capacidad Admisible de los Suelos	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Ubicación del proyecto	4
Figura N° 02: Esquema de una muestra de suelo, en tres fases o húmedo, con la indicación de los símbolos usados: En los costados, V volumen y W peso. Las letras subíndice y del centro, son: A aire, W agua y S sólidos.....	19
Figura N° 03: Carta de plasticidad.....	26
Figura N° 04: Variación del límite líquido e índice de plasticidad para los suelos de los grupos A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7	27
Figura N° 05: Partes de la copa de Casagrande	43
Figura N° 06: Diagrama para determinar el límite líquido.....	44
Figura N° 07: Instrumento de corte directo.....	50
Figura N° 08: Falla por capacidad de carga en suelo bajo una cimentación corrida.....	55
Figura N° 09: Factores de capacidad de carga dados por Terzaghi	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Sistemas para identificar el tamaño de partículas del suelo	23
Tabla N° 02: Clasificación de los suelos sistema AASHTO	28
Tabla N° 03: Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi	58

ÍNDICE DE PLANOS

Plano de Ubicación	U – 01
Plano de Ubicación de Calicatas	U – 02
Plano de Zonificación de Capacidad Portante de Suelo	Z – 01
Plano de Clasificación de Suelos	Z – 02

RESUMEN

La presente investigación denominada "Zonificación de la capacidad portante del suelo en el Asentamiento Humano Satélite, Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Región San Martín", tiene como objetivo determinar la capacidad portante del suelo de diversas zonas del lugar del Proyecto en referencia, lo que permitirá la elaboración de un mapa de zonificación de capacidad portante de los suelos de la misma.

Hoy en día las diferentes ciudades experimentan un acelerado proceso de urbanización, cuyos habitantes construyen sus viviendas en zonas inestables, debido a que no se realizan estudios que garanticen la estabilidad de suelo de fundación; realidad que se vive en el Asentamiento Humano Satélite y situación que se pretende mejorar con la presente tesis, es por ello que se decidió investigar la zonificación del ya mencionado sector. La metodología de investigación fue descriptiva, sobre la que se buscó especificar y analizar las características geológicas y geotécnicas.

Se ha desarrollado los ensayos de laboratorio de contenido de humedad, límites de consistencia (Atterberg), análisis granulométrico, densidad de campo, corte directo y clasificación de suelos, teniendo en cuenta las normas establecidas vigentes, asimismo estos ensayos han permitido determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación, así como también el tipo de suelo y sus características. Se clasificó los suelos por el método de SUCS, el cual nos indica la presencia de suelos de granulometría fina arcillosa del tipo CL en todo el sector, con porcentaje de humedad baja a media, se ha determinado dos (02) zonas geotécnicas bien marcadas denominadas ZONA I y ZONA II. La ZONA I está delimitada por las siguientes calicatas: C-01, C-02, C-03, C-04, C-06, C-07, C-08, C-10, C-11, C-12 y C-13; y La ZONA II por: C-05, C-09, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18, C-19 y C-20.

La capacidad admisible en la ZONA I con una profundidad de cimentación de -1.50 metros y con un ancho de cimentación de 1.00 metro se encuentra entre 1.00 Kg/cm^2 a 1.25 Kg/cm^2 con una capacidad admisible promedio de 1.13 kg/cm^2 .

La capacidad admisible en la ZONA II con una profundidad de cimentación de -1.50 metros y con un ancho de cimentación de 1.00 metro se encuentra entre 0.69 Kg/cm^2 a 0.76 Kg/cm^2 con una capacidad admisible promedio de 0.73 kg/cm^2 .

Palabras claves: zonificación, capacidad portante, suelos.

ABSTRACT

The present investigation named "Zoning of the soil carrying capacity in the AA.VV 'Satelite', District of Banda of Shilcayo, Province of San Martin – Region San Martin", has as an aim to determine the carrying capacity of soil from different type of zones of the same place mentioned that will allow to elaborate a zoning map of bearing capacity of soils. Nowadays cities experience a fast process of urbanization whose habitants build their housing in unstable zones because no one carries studies out that guarantee the stability of soil; reality which AA.VV 'Satelite' are living and I am expecting to improve it with the current thesis, that is why I decided to investigate about zoning of the place mentioned.

The research methodology was descriptive in which I looked for specifying and analyzing the geological and geotechnical characteristics.

It has developed laboratory test of humid content, consistency limits (Atterberg), granulometry analysis, field density, cutting and classification of soils, taking into account the current established norms. Those tests have allowed to determine physical and mechanical soil characteristics, and the type of soil and its characteristics as well. Soils were classified by the SUCS method, which indicates the presence of fine clay granulometry soils CL in all sector, with a low humid content to medium. It has determined two well-defined geotechnical zones named ZONE I , which are delimited in Zone I by C-01, C-02, C-03, C-04, C-06, C-07, C-08, C-10, C-11, C-12 y C-13 and ZONA II by C-05, C-09, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18, C-19 y C-20.

The admissible capacity in Zone I with a depth of foundation of -1.50 meters and with a width of foundation of 1.00 meter is between 1.00 Kg/cm^2 to 1.25 Kg/cm^2 with an admissible capacity of 1.13 kg/cm^2 .

The admissible capacity in Zone II with a depth of foundation of -1.50 meters and with a width of foundation of 1.00 meter is between 0.69 Kg/cm^2 a 0.76 Kg/cm^2 with an admissible capacity of 0.73 kg/cm^2 .

Keywords: zoning, bearing capacity, soils.

I. INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

En este proyecto se ha visto la necesidad de dejar un trabajo que sea útil para las nuevas generaciones. Todo esto con el afán de cumplir con aquel proverbio antiguo que nos enseña el principio de la palabra INGENIERO, la cual parte del significado del ingenio, es decir, utilizar sus conocimientos ya aprendidos y adaptarlos a los medios encontrados con las mejores propuestas en servicio, comodidad, ayuda al usuario de la obras a realizar y costos más convenientes para su ejecución.

En ingeniería, la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre. Es por ello que el suelo es parte fundamental al momento de elegir el tipo de fundación a emplearse en una obra, ya que debido a las características y propiedades de éste, se puede llegar a analizar y definir el tipo de suelo en el cual se va cimentar, además de conocer las deformaciones considerables que se pueden presentar, si es que no se tomen las acciones necesarias cuando se realicen, los estudios pertinentes. En consecuencia conocer la capacidad de soporte del suelo, nos indica el comportamiento funcional, es decir implica los límites que se tiene que considerar para no producir deformaciones importantes en la edificación, no obstante para esto es necesario elegir la fundación más apropiada el cual dará como resultado una mayor eficiencia en el comportamiento estructural, en función de las condiciones del subsuelo, del tamaño y forma de la construcción y del tipo y magnitud de las cargas transmitidas.

El esquema capitular es el siguiente: En el capítulo I se indican las generalidades, exploración preliminar orientado a la investigación y los aspectos generales del estudio.

En el capítulo II, concretamos el marco teórico, el cual está constituido por los trabajos de investigación que anteceden a nuestro estudio y por la síntesis de las principales teorías que sustentan la propuesta. Tanto las teorías como los antecedentes permiten ver el por qué y el cómo de nuestra investigación.

En el capítulo III, se describen los materiales y la metodología usada en la investigación, así como el universo, la población y muestra del presente trabajo, el

diseño experimental, el diseño de instrumentos relacionado a la obtención de la capacidad portante del suelo y a técnicas estadísticas, de laboratorio.

En el capítulo IV, se indican los resultados obtenidos en cuanto a la obtención de la capacidad portante del suelo en el Asentamiento Humano Satélite, Distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, así también la elaboración del plano de zonificación, donde se indica por zonas la capacidad portante del suelo.

En el capítulo V, se analizan y discuten los resultados obtenidos, en cuanto a la obtención de la capacidad portante del suelo, como también la cimentación a usarse

Finalmente en el capítulo VI, se indican las conclusiones y recomendaciones del presente estudio de investigación.

1.2 EXPLORACIÓN PRELIMINAR ORIENTANDO LA INVESTIGACIÓN

Con el presente trabajo se logrará conocer la capacidad de soporte del suelo, la cual indica el comportamiento funcional, es decir implica los límites que se tiene que considerar para no producir deformaciones importantes en la edificación, no obstante para esto es necesario elegir la fundación más apropiada el cual dará como resultado una mayor eficiencia en el comportamiento estructural, en función de las condiciones del subsuelo, del tamaño y forma de la construcción y del tipo y magnitud de las cargas transmitidas.

En el Asentamiento Humano Satélite, Distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, el crecimiento poblacional aumenta cada día de una manera acelerada generando un crecimiento desmesurado que conlleva a construir edificaciones sin el mínimo cumplimiento de las norma técnica de edificación (E.050 suelos y cimentaciones), exponiéndose a serios problemas de estabilidad de las edificaciones , y con la generación posterior de gastos exagerados para el reforzamientos de las cimentaciones de las viviendas.

Por lo tanto en una construcción, un componente indispensable es el estudio de mecánica de suelos, puesto que guiará a que las estructuras se apoyen en suelos de características competentes y con el sistema de cimentación más apropiado para que las cargas se transmitan al suelo de manera óptima.

Los estudios de suelos en edificaciones permiten establecer el diseño y construcción de las cimentaciones (zapatas, pilotes, etc.) en las cuales se apoyan todas las edificaciones mediante la interacción suelo-estructura existente, pues, se debe realizar siempre un estudio serio y confiable sobre la cual se edificará.

En caso que no se realizaran los estudios de suelos con el tiempo pueden tener problemas, los cuales son muy difíciles de reparar estando ya la edificación terminada. Realizar un estudio de suelos preliminar, permite identificar las zonas más adecuadas para la construcción, con valores destacados de capacidad de carga del suelo y de hecho posibilita descartar zonas específicas con suelos de pobre características y en su defecto asignarlos para áreas verdes o espacios recreacionales, en vista que en zonas de parques no se requiere valores importantes de capacidad de carga del suelo

El hecho de no realizar un estudio de mecánica de suelos y permitir que el ingeniero encargado del diseño estructural asuma los parámetros geotécnicos a su criterio es una falla grave, y por ningún motivo será un ahorro económico, más vienen un caso de mala fortuna puede llevar a provocar fracturas o agrietamientos en la edificación, así como problemas serios de estabilidad de la estructura principal de una edificación

Nos interesa efectuar un estudio para determinar la capacidad portante de los suelos en el Asentamiento Humano Satélite.

1.3 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

1.3.1 UBICACIÓN Y LÍMITE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO.

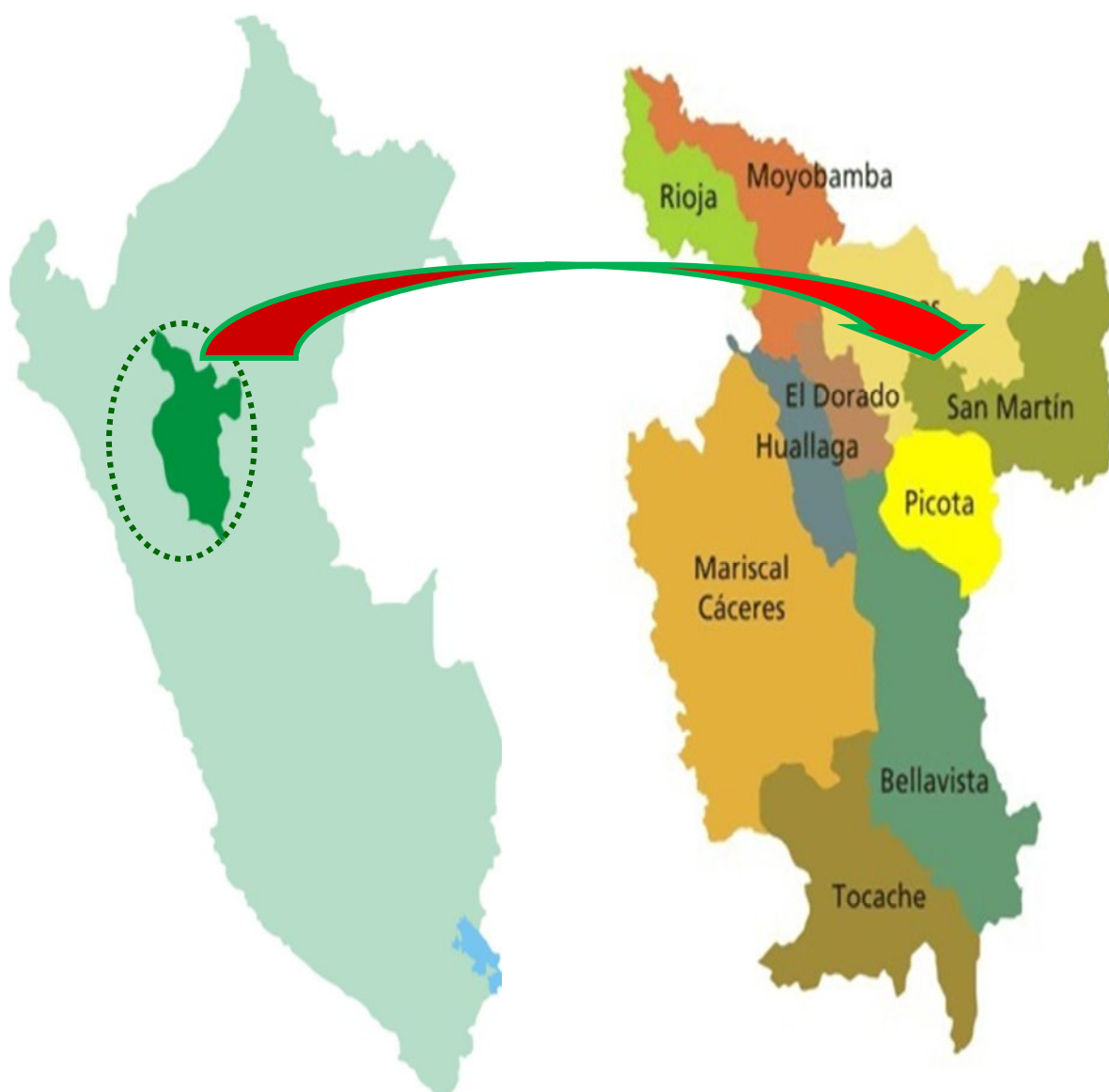
Asociando la ubicación de la AA.HH Satélite de la localidad de la Banda de Shilcayo, se tiene que sus coordenadas geográficas son:

Cuadro N° 01: Ubicación geográfica del proyecto

Latitud Sur	: 6° 29' 04"
Longitud Oeste	: 76° 20' 50"
UTM Norte Y	: 9'283,055
UTM Este X	: 351,006
Altitud	: 395 msnm.

Figura N° 01: Ubicación del proyecto

Macro localización:



Micro localización:



DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO



ASENTAMIENTO HUMANO SATELITE



1.3.2 POBLACIÓN BENEFICIADA

La población afectada se encuentra ubicada en el Departamento de San Martín, Provincia de San Martín, Distrito de La Banda de Shilcayo.

La población objetivo del Proyecto está constituida por las 380 viviendas, distribuidas en las 28 Manzanas que conforman el Asentamiento Humano Satélite.

1.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.3.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

El área de estudio se encuentra dentro del casco urbano del distrito de la Banda de Shilcayo, en una zona densamente poblada. Los jirones: Jr. Ventanilla C-01, Jr. Los Ángeles C-01,02, Jr. La Oroya C-01, Jr. La Capirona C-01, Jr. Los Cedros C-01, Jr. Las Alamedas C-01, 02, Av. Dos de Diciembre Nueva Amistad C-01 – C-04, son calles que dan acceso conectando con otras vías del Distrito. Todas las calles del asentamiento humano no cuentan con pavimento, constituyendo una dificultad para el tránsito vehicular, asimismo no cuentan con veredas adecuadas dificultando el tránsito peatonal.

Clima

“La temperatura media anual en el distrito de la Banda de Shilcayo es de 33.3° C. El clima predominante del distrito de la Banda de Shilcayo es “cálido y semi-seco”, sin exceso de agua durante el año y con una concentración térmica normal en verano”.

Temperatura

La temperatura en el distrito tiene una media anual de 33.3° C, con máximas que llegan a 38.8° C. La altitud de la zona urbana varía desde los 350 m.s.n.m. hasta los 450 m.s.n.m. El promedio de precipitación anual es de 1,094 mm.

Sin embargo se tienen reportes proporcionados por SENAMHI con temperaturas máximas de 38.8 grados lo que generó una sensación térmica de 45°C.

Precipitación

El promedio de precipitación pluvial total anual de este tipo climático “cálido y semi-seco”, donde está ubicada el asentamiento humano Satélite, varía entre los 1094 y 1400 mm, con promedio de 1213 mm. En general, las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de Octubre (a veces Setiembre) y Abril, siendo siempre

Marzo el que registra el valor más elevado. El número de días de lluvia a lo largo del año en esta zona, varía entre 88 y 116. El número de días de lluvia al mes, varía entre un mínimo de 6 y un máximo de 13. Finalmente, el promedio de precipitación por día de lluvia varía entre un mínimo de 9 mm. y un máximo de 13 mm; sin embargo los registros de precipitación máxima en 24 horas alcanzan valores que oscilan entre 87 mm y 170 mm. Siendo la precipitación media anual el asentamiento humano Satélite de 1220 mm.

Las precipitaciones pluviales, anuales, siempre son superiores a 1000 mm sin sobrepasar los 5000 mm. La humedad atmosférica es alta durante todo el año igual que la evapotranspiración.

Las áreas que se cubren con mayor frecuencia de nubes son los cerros al este de Morales y el frente Oriental de la Faja Sub-andina que se comporta como barreras de contención de los vientos que desplazan las nubes desde el este.

Humedad Relativa

La estación de Morales tiene una media anual de 77% de humedad relativa; variando de acuerdo al ciclo de lluvia.

Vientos

Este factor climático presenta una característica especial dentro de la zona en estudio: La estación de Morales, registra vientos persistentes de dirección Norte de velocidad media de 2.9 Km./hora y, en menor porcentaje de dirección Sur con velocidad media de 5.3 Km. /hora, durante todo el año. No se descarta, la ocurrencia esporádica de vientos fuertes y acompañados por fuertes precipitaciones, de consecuencias funestas.

Fisiografía

La fisiografía del Distrito de la Banda de Shilcayo es poco accidentada y relativamente plana en su parte baja, pero a partir de la plaza hacia las laderas de la Cordillera Escalera se vuelve accidentada.

Hidrología

La Ciudad de La Banda de Shilcayo se encuentra ubicada en la red hidrográfica de la cuenca del Shilcayo. Constituida por el río Shilcayo, como eje principal. El caudal de

estos cuerpos de agua son muy variables durante todo el año y dependen de la intensidad de las lluvias. Así mismo el cambio climático está generando variación en la intensidad y temporalidad de las precipitaciones, reportándose meses de sequía y precipitaciones no acordes a los registros históricos.

II. MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

La creciente ola de inmigrantes que cada día llegan a las diferentes ciudades del mundo por distintas circunstancias, es un fenómeno difícil de soportar en las diferentes capitales, ya que éstas deben albergar gran cantidad de población en terrenos cada vez más estrechos y vulnerables, generalmente en áreas periféricas de difícil urbanización, lo que produce una gran expansión en los límites urbanos y en lugares no aptos para la construcción de viviendas.

Estas viviendas son construidas en los asentamientos humanos por los mismos habitantes, además de su ubicación en terrenos inestables, presentan problemas de construcción. El desconocimiento técnico en el uso de materiales (se combinan materiales no compatibles o se dan tratamientos inadecuados), el desconocimiento en los sistemas de construcción y la mala calidad de los materiales, sumados a las limitaciones económicas de una población de escasos recursos aumentan la vulnerabilidad y el proceso destructivo de las instalaciones precarias frente a cualquier desastre.

Tal es el caso del Asentamiento Humano Satélite en el distrito de La Banda de Shilcayo, el cual representa un área ocupada en forma progresiva por viviendas construidas de diversos materiales, de manera desordenada y masificada, sin ninguna planificación. Ante la importancia que se presenta de conocer el tipo de suelo y la capacidad de soporte en el Asentamiento Humano Satélite, con fines constructivos, se hace indispensable la disposición de estos datos y así determinar las posibles fallas que se generarían en el suelo donde se va a cimentar la edificación, además de permitir definir el tipo de cimentación de la misma.

Además, se debe tener en cuenta que una cimentación inadecuada para el tipo de terreno, mal diseñada o calculada se traduce en la posibilidad de que tanto el propio edificio como las viviendas colindantes sufran asientos diferenciales con el consiguiente deterioro de los mismos pudiendo llegar incluso al colapso, estos problemas se deben a que muchas veces los ciudadanos y ciudadanas realizan construcciones sin haber realizado estudios de suelo y sin tener en cuenta la normatividad vigente, razón por la cual el terreno no soporta el peso y tiende a resquebrajarse, flexionarse o hundirse, causando problemas y amenazas para sus habitantes.

Actualmente la Municipalidad Distrital de La Banda de Shilcayo, no cuenta con información detallada sobre el tipo de suelo y su capacidad portante existente en el Asentamiento Humano Satélite, es por ello que en la tarea de facilitar y promover la seguridad y protección de los habitantes de dicha zona, se plantea esta investigación.

2.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de la población en el Asentamiento Humano Satélite, ha obligado a la construcción de viviendas sin los criterios necesarios de ingeniería, en sectores de pendientes pronunciadas, rellenos y lugares de poca estabilidad. Por tal motivo se ha planteado realizar una zonificación empleando la capacidad portante del suelo, esta información será un aporte muy importante al Municipio Distrital de La Banda de Shilcayo a la hora de decidir el tipo de edificación a construir en dicho Asentamiento Humano.

2.1.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El estudio se realizará en el Asentamiento Humano Satélite, Distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Región San Martín.

La capacidad portante de los suelos en estudio se obtendrá a través de un estudio de Mecánica de Suelos realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín.

2.1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Bajo estas premisas, nos encontramos en la obligación de respondernos la siguiente interrogante: ¿Cuál es la zonificación del Asentamiento Humano Satélite, mediante la

Capacidad Portante del suelo?

2.2 OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECIFICO.

2.2.1 OBJETIVO GENERAL

Zonificar mediante la capacidad portante del suelo el Asentamiento Humano Satélite en el Distrito de la Banda de Shilcayo, Poviaicia y Región San Martín, en base a las características geogólicas, geotécnicas y geomorfológicas.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar actividades de exploración y muestreo de suelos, mediante calicatas, en el Asentamiento Humano Satélite, en el Distrito de la banda de Shilcayo, Poviaicia y Región San Martín.

Realizar ensayos de mecánica de suelos, según lo estipulado en la N.T.P. y de acuerdo a la norma E-050 suelos y cimentaciones.

Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio.

Identificar el tipo de suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Procesar los datos para determinar la capacidad portante de los suelos obtenidos del muestreo y exploración del área de estudio.

Elaborar un mapa de zonificación de capacidad portante de suelos del Asentamiento Humano Satélite, Distrito de la banda de Shilcayo, Poviaicia y Región San Martín.

2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA: El presente trabajo se basa en elaborar la zonificación de la capacidad portante, mediante estudios de mecánica de suelos, que permitirá conocer la capacidad portante, las características propias del suelo y el tipo de cimentación a usarse.

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA: Dado que no existen estudios, ni información detallada sobre el tipo y capacidad portante del suelo en el Asentamiento Humano Satélite en el

Distrito de la Banda de Shilcayo, trae como consecuencia en su mayoría, la construcción de viviendas con cimentaciones sobredimensionadas que incurren directamente en mayores costos de construcción, esto debido a no conocer los valores de la capacidad portante del suelo en el que cimentará la edificación, datos que son necesarios para elegir el tipo de cimentación que sea óptima en cuanto a la seguridad y a los costos de construcción, gracias a estos estudios también se podrán prevenir problemas futuros como son grietas, fisuras y asentamientos en las edificaciones a construir.

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA: La exploración de los suelos se realizará en el Asentamiento Humano Satélite - Distrito de la Banda de Shilcayo, en un periodo a corto plazo con un presupuesto económico, los ensayos de laboratorio, se obtendrán través de exploraciones que se harán al suelo, en determinados lugares y se realizarán en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Universidad Nacional de San Martín, según las normas vigentes a las cuales está sujeto estos estudios y de la geología de la zona. Dicha información servirá a la población para la construcción de sus viviendas de forma segura.

2.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación estará delimitada dentro del Asentamiento Humano Satélite, Distrito de la banda de Shilcayo, Póvincia y Región San Martín.

2.5 MARCO TEÓRICO O FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la elaboración del presente proyecto se ha revisado material bibliográfico y trabajos anteriores, que permite tomar nota de antecedentes y resultados, que deben considerarse para los fines más convenientes, siendo como sigue:

Juárez Badillo y Rico Rodríguez es su libro de Fundamentos de la Mecánica de Suelos, proporciona un amplio tema de consulta, desde el origen del suelo, propiedades, comportamiento entre otros temas importantes para la investigación.

Lambe y Whitman en su Libro de Mecánica de Suelos destinado como libro de texto para un curso de introducción a la Mecánica de Suelos, indican que se ha realizado un

gran esfuerzo a fin de identificar los principios verdaderamente fundamentales e importantes de la mecánica de suelos, pero básicamente hecho con fines de consulta. En dicho texto se describe los problemas que la naturaleza del suelo plantea en la ingeniería civil, dándose un panorama general del comportamiento del suelo; el estudio de la naturaleza del suelo y en especial, la transmisión de esfuerzo entre partículas de suelo; el estudio del suelo seco; el estudio del suelo con humedad y la parte del problema más complejo de la mecánica de suelos en el que las presiones intersticiales dependen de las cargas aplicadas y por tanto, el agua escapa de los poros en condiciones de régimen variable.

Rocha Sandoval en su trabajo de investigación ha determinado la “Zonificación de la capacidad portante del suelo del distrito de Morales, en el año 2010.

Jiménez Flores también ha determinado la “Zonificación de la capacidad portante del suelo del distrito de la Banda de Shilcayo, en el año 2011.

Herrera Delgado, ha investigado una “Metodología para la determinación de la capacidad portante del suelo para la cimentación de una vivienda unifamiliar, en el año 2010.

Córdova Flores, también ha efectuado un trabajo sobre “Metodología para la determinación de la capacidad portante del suelo para la cimentación del proyecto de la I.E N° 0101 Luis Walter Alvarado Bartra, Distrito - Chazuta, en el año 2010.

2.5.2 BASES TEÓRICAS

2.5.2.1. DEFINICIÓN DE SUELO

En el sentido general de la ingeniería, *“suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas”*.

La palabra Suelo, representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo.

Suelo, en Ingeniería Civil, son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica. El suelo es un cuerpo natural heterogéneo. El suelo en ingeniería civil, es un cuerpo heterogéneo con propiedades fisicoquímicas y mecánicas apropiadas o no para una construcción (edificios, represas, hidroeléctricas, puentes, carreteras, etc.), cuya función es sostener a la construcción y absorber las cargas producidas por esta.

2.5.2.2. MECÁNICA DE SUELOS

Terzaghi dice: *La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica.*

La mecánica de suelos incluye:

Teorías sobre el comportamiento de los suelos sujeto a cargas, basado en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la teoría.

Investigación de las propiedades físicas de los suelos.

Aplicación del conocimiento teórico y empírico de los problemas prácticos.

Guía de mecánica de suelo I-UNSM menciona: *En Mecánica de Suelos (MS) estudia las propiedades y comportamiento del suelo, se lo utiliza como material de construcción o soporte de estructuras (terreno de fundación), básicamente de cimentaciones que son los elementos que transmiten las cargas de la estructura al terreno. Se sirve de la recolección y análisis de muestras, para luego obtener sus resultados y determinación de sus características físicas, mecánicas y la reacción de masas de suelos durante la aplicación rápida de cargas, las cuales serán aplicadas en los diseños de las distintas obras de ingeniería.*

2.5.2.3. ORIGEN DEL SUELO

2.5.2.3.1. AGENTES GENERADORES DE SUELOS:

La corteza terrestre es atacada principalmente por el aire y las aguas, siendo los medios de acción de estas sustancias sumamente variados. Sin embargo, en último análisis, todos los mecanismos de ataque pueden incluirse en dos grupos:

Desintegración mecánica y descomposición química.

El término desintegración mecánica a la intemperización de las rocas por agentes físicos, tales como cambios periódicos de temperatura, acción de congelación del agua en las juntas y grietas de las rocas, efectos de organismos, plantas, etc. Por estos fenómenos las rocas llegan a formar arenas o, cuando mucho, limos y solo en casos especiales arcillas.

Por descomposición química se entiende la acción de agentes que atacan las rocas modificando su constitución mineralógica o química. El principal agente es, desde luego, el agua y los mecanismos de ataque más importantes son la oxidación, la hidratación y la carbonatación. Los efectos químicos de la vegetación juegan un papel no despreciable. Estos mecanismos generalmente producen arcilla como último producto de descomposición. Todos los efectos anteriores suelen acentuarse con los cambios de temperatura, por lo cual es frecuente encontrar formaciones arcillosas de importancia en zonas húmedas y cálidas, mientras que son típicas de zonas más frías formaciones arenosas o limosas, más gruesas. En los desiertos cálidos, la falta de agua hace que los fenómenos de descomposición no se desarrollen, por lo cual la arena predomina en esas zonas; allí los efectos de ciclo de tensiones y compresiones sobre las rocas producidas por elevaciones y descensos periódicos y continuados de temperatura, son los mecanismos de ataque determinantes.

Los suelos deben, pues, su origen a una tal variedad de causas que excede todo poder de descripción detallada. El resultado de ese concurso de causas, es una inmensa diversidad de tipos de suelos resultantes. También debe notar que su formación ha ocurrido a través de las eras Geológicas, tal como sigue ocurriendo hoy; en consecuencia, el hombre es completamente ajeno a la génesis del suelo; sólo le toca manejarla, tal como la naturaleza se lo presenta.

Dentro de la meteorización mecánica se encuentra:

Descarga Mecánica, las rocas que se encuentran por debajo de la superficie terrestre están sometidas a una presión vertical y de confinamiento (presión lateral).

Carga Mecánica, es ocasionado por el impacto de partículas que pueden ser arrestadas por el viento o agua sobre una roca, con el tiempo este proceso puede ocasionar fisura miento.

Expansión y contracción térmica, debido a un golpe físico, acción de una planta o animal, al cambio de temperatura, puede ocasionar la fisuración de la roca.

Acumulación de sales, al saturarse de agua las rocas, las presiones de la cristalización de las sales ocasionan esfuerzos internos que contribuyen a una significativa desintegración de las rocas.

Desprendimiento coloidal, las rocas en algún momento, pueden estar cubiertas de materia coloidal húmeda. Estos producen esfuerzos que debilitan la roca.

Actividad orgánica, el crecimiento de las raíces de las plantas en las fisuras de la roca, es un proceso que ocasiona una desintegración importante en las rocas.

Carga neumática, el aire atrapado en las fisuras expuestas de la roca, ejerce presión interna en la roca debido a oleaje de un lago o río, que debilita a la roca.

Hidrólisis, es un proceso químico importante que consiste en la reacción del mineral el hidrógeno (H^+) y el oxidrilo (OH^-) del agua, donde el papel del agua juega un papel importante.

Carbonización, el agua en combinación del dióxido de carbono de la atmósfera, forman sobre la superficie de la roca ácido carbónico (H_2CO_3), este reacciona con los minerales que contiene la roca ocasionando un proceso de disociación de minerales en iones que aumenta considerablemente por la presencia de CO_2 .

Oxidación, es producida por el contacto del oxígeno del aire con ciertos componentes químicos-mineralógicos de las rocas particularmente favorables para combinarse con él (compuestos férricos, carbonatos, sulfuros, etc.).

Reducción, mediante reacciones químicas, se lleva a cabo un proceso

complementario a la oxidación donde se libera el oxígeno de los minerales que pasa a formar parte del ambiente circundante, el oxígeno deja la estructura del mineral a medida que la oxidación disminuye el número de elementos reducidos.

Hidratación, se refiere a la absorción de moléculas de agua dentro de la estructura interna de un mineral.

Lixiviación, se refiere a la migración de iones alentada por los procesos antes citados, la movilidad de los iones depende de su potencial iónico.

Cambio de cationes, es la absorción de cationes en solución cargados positivamente en un mineral arcilloso cargado negativamente, especialmente: Ca, H, K y Mg.

Transporte y deposición, Los arroyos, corrientes oceánicas, olas, viento, aguas subterráneas, glaciales y la gravedad continuamente erosionan y transportan suelo, fragmentos de rocas y sedimento, a lugares de deposición donde se meteorizan.

Depósitos eólicos, el viento a diferencia de otros solo puede mover sedimento compuesto de pequeñas partículas a diferentes lugares.

Depósitos glaciales, un glaciar transporta rocas de todo tamaño y una variedad de sedimentos, los cuales caen sobre su superficie provenientes de las laderas de los valles circundantes.

Depósitos lacustres, la deposición lacustre o la de lagos tanto en agua dulce como salada, consiste de la deposición de sedimento generalmente de material diminuto en el fondo del lago.

Depósitos marinos, las olas del mar continuamente rompen en una costa, erosionando la margen terrestre por la fuerza del impacto y en especial durante las tormentas.

Suelos residuales, se llama residual, al suelo formado producto de la meteorización que se mantiene en el mismo lugar de origen. A diferencia de los suelos producto del transporte y deposición, estos están relacionados con los materiales del lugar, clima y topografía.

2.5.2.4. COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DEL SUELO

Campos y Guardia, en su trabajo de investigación indican que se pueden identificar más de 2000 diferentes minerales en la corteza terrestre y muchos de ellos están presentes en las rocas.

Existe una distinción entre los minerales que son constituyentes esenciales de las rocas que dan el nombre a estas y los que son accesorios que se encuentran en pequeñas cantidades, pero su presencia o ausencia no influye en el nombre de la roca. Las rocas también contienen minerales secundarios, que son aquellos que resultan de la descomposición de los minerales esenciales por acción del agua. Como resultado de la meteorización y el proceso de la deposición, estos minerales que poseen las rocas llegan a formar parte del suelo. Los minerales más comunes que pueden encontrarse en el suelo son:

Feldespatos, los feldespatos forman un grupo grande de minerales monoclinicos, triclinicos y son un componente importante de algunos tipos de rocas. El feldespato se considera un material moderadamente duro.

Cuarzo, es un mineral muy común, un constituyente esencial de los granitos y otras rocas. El cuarzo es más duro que la mayoría de los minerales y es uno de los más resistentes a la meteorización, se encuentra en abundancia en rocas metamórficas.

Minerales, arcillosos, las partículas de suelo con tamaños correspondientes a las arcillas y que presentan las propiedades características de adhesión y plasticidad se denominan minerales arcillosos. Son producto de la meteorización química y están compuestos en su mayor parte de silicatos de aluminio hidratados.

Tienen forma cristalina y están constituidos por dos unidades estructurales: la unidad tetraédrica, en la cual cuatro oxígenos encierran un átomo de silicio, y la unidad octaédrica, en la cual un átomo de aluminio o magnesio está encerrado por seis grupos hidroxilos. De acuerdo con la organización de estas unidades estructurales en la red cristalina, los minerales arcillosos se dividen en tres grupos principales los cuales son:

Caolinitas, el bloque estructural de este grupo de minerales está formada por una capa de unidades tetraédricas y una capa de unidades octaédricas. Los enlaces iónicos de

hidrógeno entre los bloques crean una estructura relativamente estable en la que no penetra el agua con facilidad. Estas caolinitas presentan una baja absorción de agua y una baja susceptibilidad a la retracción y a la expansión al ser sometidos a variaciones de humedad.

Ilitas, el bloque estructural de este grupo está formado por una capa de unidades octaédricas en medio de dos capas de unidades tetraédricas orientadas en forma opuesta. Las ilitas presentan mayor tendencia a la absorción de agua que las caolinitas, mayor susceptibilidad a la retracción y a la expansión.

Montmorilonitas, este grupo tiene un bloque estructural similar al de las ilitas, pero adicionalmente a la sustitución del silicio (Si^{4+}) por aluminio (Al^{3+}) en las unidades tetraédricas, algunos de los iones de aluminio, en las unidades octaédricas se reemplazan por magnesio (Mg^{2+}) y hierro (Fe^{2+}). El enlace entre las capas creado por el agua es muy débil e inestable comparado con el enlace de iones de potasio de las ilitas. Las montmorilonitas presentan una muy alta absorción de agua y muy altas características de retracción y expansión.

2.5.2.5. RELACIONES VOLUMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida). La fase líquida formada por el agua libre específicamente, aunque en el suelo pueden existir otros líquidos de menor significación. La fase gaseosa comprende sobre todo el aire, pero pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc.)

Las fases líquida y gaseosa del suelo suelen comprenderse en el volumen de vacíos (V_v), mientras que la fase sólida constituye el volumen de sólidos (V_s). Se dice que un suelo es totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. Un suelo en tal circunstancia consta, como caso particular de solo dos fases, sólida y líquida.

Es importante considerar las características morfológicas de un conjunto de partículas sólidas, en un medio fluido. Las relaciones entre las diferentes fases constitutivas del suelo (sólida, líquida y gaseosa), permiten avanzar sobre el análisis de la distribución de las partículas por tamaños y sobre el grado de plasticidad del conjunto.

En los laboratorios de mecánica de suelos puede determinarse fácilmente el peso de las muestras húmedas, el peso de las muestras secadas al horno y la gravedad específica de las partículas que conforman el suelo, entre otras.

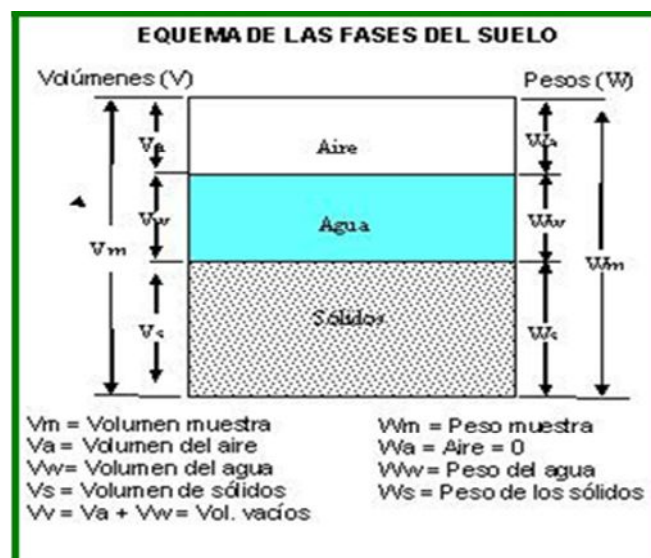
Las relaciones entre las fases del suelo tienen una amplia aplicación en la Mecánica de Suelos para el cálculo de esfuerzos. La relación entre las fases, la granulometría y los límites de Atterberg se utilizan para clasificar el suelo y estimar su comportamiento.

Modelar el suelo es colocar fronteras que no existen. El suelo es un modelo discreto y eso entra en la modelación con dos parámetros, e y n (relación de vacíos y porosidad), y con las fases. El agua adherida a la superficie de las partículas, entra en la fase sólida. En la líquida, sólo el agua libre que podemos sacar a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ cuando, después de 24 o 18 horas, el peso del suelo no baja más y permanece constante.

2.5.2.6. FASES DEL SUELO

En el suelo puede observarse la existencia de una fase sólida formada por las partículas minerales, una fase líquida que sería el agua intersticial libre y una parte gaseosa que reúne al aire o vapores producto de la descomposición orgánica atrapados entre los sólidos.

Figura N° 02: Esquema de una muestra de suelo, en tres fases o húmedo, con la indicación de los símbolos usados: En los costados, V volumen y W peso. Las letras subíndice y del centro, son: A aire, W agua y S sólidos



En Mecánica de Suelos, se relaciona el peso de las distintas fases del suelo con sus volúmenes correspondientes, por medio del concepto del peso específico.

Fases, volúmenes y pesos

En el modelo de fases, se separan volúmenes V y pesos W así: Volumen total V_T , volumen de vacíos V_V (espacio no ocupado por sólidos), volumen de sólidos V_S , volumen de aire V_A y volumen de agua V_W . Luego

$$V_T = V_V + V_S \quad (1)$$

En pesos (que es diferente a masas), el del aire se desprecia, por lo que $W_A = 0$. El peso total del espécimen o muestra W_T es igual a la suma del peso de los sólidos W_S más el peso del agua W_W ; esto es

$$W_T = W_S + W_W. \quad (2)$$

Relaciones de volumen

Porosidad “ n ”

Se define como la probabilidad de encontrar vacíos en el volumen total. Por eso $0 < n < 100\%$ (se expresa en %). En un sólido perfecto $n = 0$; en el suelo $n = 0$ y $n = 100\%$.

$$n = \frac{V_V}{V_T} * 100(\%) \quad (3)$$

Relación de vacíos “ e ”

Es la relación entre el volumen de vacíos y el de los sólidos. Su valor puede ser $e > 1$ y alcanzar valores muy altos. En teoría $0 < e$.

$$e = \frac{V_V}{V_S} \quad (4)$$

Densidad Relativa “ D_R ”

Este parámetro nos informa si un suelo está cerca o lejos de los valores máximo y mínimo de densidad, que se pueden alcanzar. Además $0 < D_R \leq 1$, siendo más resistente el suelo cuando el suelo está compacto y $D_R = 1$ y menor cuando está suelto y $D_R = 0$.

$$D_R = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (5)$$

Grado de saturación "S"

Se define como la probabilidad de encontrar agua en los vacíos del suelo, por lo que $0 \leq S \leq 100\%$. Físicamente en la naturaleza $S \leq 100\%$, pero admitiendo tal extremo, $S = 0\%$ suelo seco y $S = 100\%$ suelo saturado.

$$S = \frac{V_W}{V_V} \times 100 (\%) \quad (6)$$

Contenido de aire "C_A"

Probabilidad de encontrar aire en los vacíos del suelo. $0 \leq C_A \leq 100\%$. En el suelo saturado, los vacíos están ocupados por agua $C_A = 0$ y en el suelo seco, por aire $C_A = 100\%$. Naturalmente, $S + C_A = 100\%$.

$$C_A = \frac{V_A}{V_V} \times 100 \quad (7)$$

Contenido de humedad "w"

Es la relación entre el peso de la agua del espécimen, al peso de los sólidos. El valor teórico del contenido de humedad varía entre: $0 \leq w \leq \infty$. En la práctica, las humedades varían de 0 (cero) hasta valores del 100%.

$$w = \frac{W_W}{W_S} \times 100 \quad (8)$$

Peso específico aparente (γ_m): Conocido como peso volumétrico, densidad aparente, peso específico de masa

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m} = \frac{W_s + W_w}{V_m} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Peso específico del agua (γ_w):

$\gamma_o = \gamma_w$En condiciones prácticas

Peso específico del agua destilada (γ_o): a 4°C y a P.A. n. m. en sistemas derivados del métrico decimal es igual a 1 o a una potencia de 10.

Peso específico de los sólidos (γ_s):

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots (2)$$

2.4 γ_s 2.9 gr. /cm³

En los laboratorios de Mecánica de Suelos puede determinarse fácilmente el peso de las muestras húmedas y secas en el horno o estufa y el peso específico relativo de los suelos. Estas magnitudes no son las únicas cuyo cálculo es necesario, es preciso obtener relaciones volumétricas y gravimétricas para poder determinar otras magnitudes en términos de estas.

Peso Específico Relativo: Viene hacer la relación entre el peso específico de la sustancia y el peso específico del agua destilada a 4° C y sujeta a una atmósfera de presión.

Peso específico relativo de la muestra (S_m):

$$S_m = \gamma_m / \gamma_o = \frac{W_m}{V_m \gamma_o} \dots\dots\dots (3)$$

Peso específico relativo de los sólidos (S_s):

$$S_s = \gamma_s / \gamma_o = \frac{W_s}{V_s \gamma_o} \dots\dots\dots (4)$$

2.5.2.7. DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS

De acuerdo al tamaño predominante de partículas que contenga el suelo, los suelos generalmente son llamados: grava, arena, limo, arcilla o una mezcla de ellos.

Tabla N° 01: Sistemas para identificar el tamaño de partículas del suelo

NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN	TAMAÑO DE PARTÍCULAS en mm			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
U.S. Department of Agriculture (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.003
American Association of State Highway and Transportation (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.004
Unified Soil Classification System (US)	75 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (limos y arcillas) < 0.075	

Diversas organizaciones que estudian aspectos relacionados con el suelo han elaborado sistemas de clasificación para identificar el tamaño de las partículas de un suelo para sus propósitos específicos. En la Tabla 1 se muestra algunos de los sistemas más conocidos empleados por estas organizaciones para identificar las partículas del suelo.

2.5.2.8. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Debido a la gran variedad de suelos que pueden encontrarse en la corteza terrestre es que se han desarrollado varios sistemas de clasificación para poder identificarlos, elaborados de acuerdo a la aplicación que se les da a los mismos. El clasificar un suelo consiste en agrupar al mismo en grupos y/o subgrupos de suelos que presentan un comportamiento semejante con propiedades ingenieriles similares. En este capítulo se analizará el sistema de clasificación Unificado SUCS y el sistema de clasificación AASHTO, que son los sistemas de clasificación más utilizados por la mayor parte de los ingenieros de todo el mundo.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN UNIFICADO (SUCS).

El sistema de clasificación SUCS está basado en la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad. Este sistema de clasificación también se basa en la gráfica de plasticidad, que fue obtenida por medio de investigaciones realizadas en laboratorio por A. Casagrande (1932). Este sistema de clasificación presenta las siguientes características:

Características del sistema de clasificación unificado (ASTM D-2487)

Clasifica a los suelos en cuatro principales categorías, cada una de estas categorías usa un símbolo que define la naturaleza del suelo:

Suelos de grano grueso. Son de naturaleza tipo grava y arena con menos del 50% pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G para la grava o suelo gravoso del inglés "Gravel" y S para la arena o suelo arenoso del inglés "Sand".

Suelos de grano fino. Son aquellos que tienen 50% o más pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M para limo inorgánico del sueco "mo y mjala", C para arcilla inorgánica del inglés "Clay".

Suelos orgánicos. Son limos y arcillas que contienen materia orgánica importante, a estos se los denomina con el prefijo O del inglés "Organic".

Turbas. El símbolo Pt se usa para turbas del inglés "peat", lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Presenta las siguientes definiciones, según el tamaño y naturaleza de las partículas del suelo:

Cantos rodados. Partículas de roca que no pasan una malla con abertura cuadrada de 12" (300 mm).

Guijarros. Partículas de roca que pasan una malla con abertura cuadrada de 12" (300 mm) y quedan retenidas en un tamiz de 3" (75 mm).

Grava. Partículas de roca que pasan el tamiz de 3" (75 mm) y quedan retenidas en el tamiz N° 4 (4.75 mm), con las siguientes subdivisiones:

Gruesa. Partículas que pasan el tamiz de 3" (75 mm) y quedan retenidas en el tamiz de $\frac{3}{4}$ " (19 mm).

Fina. Partículas que pasan el tamiz de $\frac{3}{4}$ " (19 mm) y quedan retenidas en el tamiz N° 4 (4.75 mm).

Arena. Partículas de roca que pasan el tamiz N° 4 (4.75 mm) y son retenidas en el tamiz N° 200 (0.075mm), con las siguientes subdivisiones:

Gruesa. Partículas que pasan el tamiz N° 4 (4.75 mm) y son retenidas en el tamiz N° 10 (2 mm).

Media. Partículas que pasan al tamiz N° 10 (2 mm.) y son retenidas en el tamiz N° 40 (0.425 mm).

Fina. Partículas que pasan el tamiz N° 40 (0.425 mm) y son retenidas en el tamiz N°

200 (0.075 mm).

Arcilla. Suelo que pasa por el tamiz N° 200 (0.075 mm), el cual exhibe plasticidad dentro de un cierto intervalo de humedad, pero que muestra considerable resistencia cuando se seca al aire.

Limo. Suelo que pasa el tamiz N° 200 (0.075 mm), de naturaleza no-plástica o ligeramente plástica y que exhibe poca o ninguna resistencia cuando se seca al aire.

Arcilla Orgánica. Es una arcilla con suficiente contenido de materia orgánica como para influir en las propiedades del suelo.

Limo Orgánico. Es un limo con suficiente contenido de materia orgánica como para influir en las propiedades del suelo.

Turba. Es un suelo compuesto principalmente de materia vegetal en diferentes estados de descomposición, usualmente con olor orgánico, color entre marrón oscuro a negro, consistencia esponjosa, y textura que varía de fibrosa hasta amorfa.

Para este sistema de clasificación son también usados sufijos que identifican algunas características particulares del suelo:

W. Bien graduado del inglés "Well graded".

P. Mal graduado del inglés "Poorly graded".

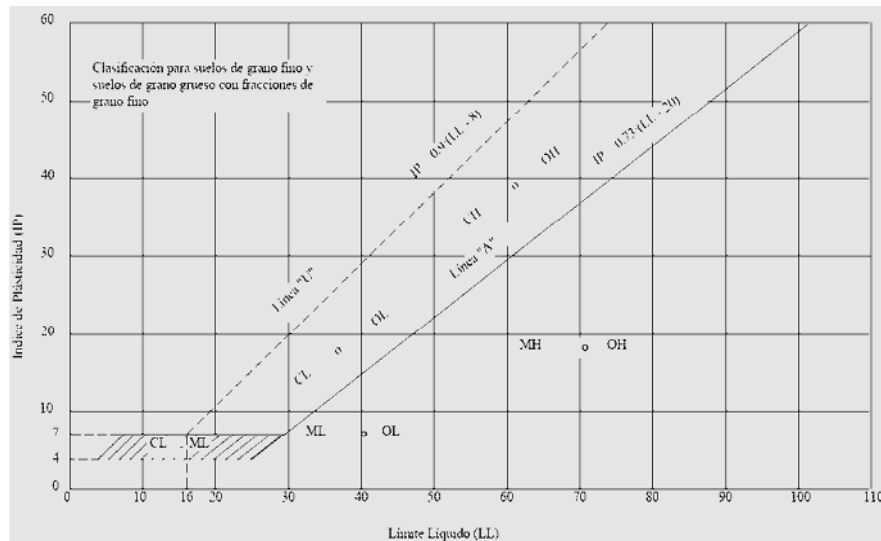
L. Baja plasticidad, límite líquido menor a 50%, del inglés "Low plasticity".

H. Alta plasticidad, límite líquido mayor a 50%, del inglés "High plasticity".

Un símbolo doble. Corresponde a dos símbolos separados por un guión, e.g. GP-GM, SW-SC, CL-ML, los cuales se usan para indicar que el suelo tiene propiedades de dos grupos. Estos se obtienen cuando el suelo tiene finos entre 5 y 12% o cuando las coordenadas del límite líquido y el índice de plasticidad caen en el área sombreada CL-ML de la carta de plasticidad. La primera parte del doble símbolo indica si la fracción gruesa es pobremente o bien graduada.

La segunda parte describe la naturaleza de los finos. Por ejemplo un suelo clasificado como un SP-SM significa que se trata de una arena pobremente graduada con finos limosos entre 5 y 12%. Similarmente un GW-GC es una grava bien graduada con algo de finos arcillosos que caen encima la línea A.

Figura N° 03: Carta de plasticidad



SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO.

El sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (Designación ASTM D-3282; método AASHTO M145) es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, subrasantes, subbases y bases de las carreteras. Sin embargo es necesario recordar que un suelo que es bueno para el uso de subrasantes de carreteras puede ser muy pobre para otros propósitos.

Características del sistema de clasificación AASHTO (ASTM D-3282)

Clasifica a los suelos en tres principales categorías: Suelos granulares. Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es menor o igual al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-1, A-2 y A-3.

Suelos limo-arcilla o material fino. Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

Suelos orgánicos. Son los suelos que están constituidos principalmente por materia orgánica. Este tipo de suelos constituye el grupo A-8.

Adopta el siguiente rango de tamaño de partículas:

Cantos rodados. Son fragmentos de roca, usualmente redondeados por abrasión, que son retenidos en el tamiz de 3" (75 mm).

Grava. Es la fracción que pasa el tamiz de 3" (75 mm) y es retenido en el tamiz N° 10 (2 mm).

Arena. Es la fracción que pasa el tamiz N° 10 (2 mm) y es retenido en el tamiz N° 200 (0.075 mm).

El limo y la arcilla. Son partículas que pasan el tamiz N° 200 (0.075 mm).

Establece un rango del índice de plasticidad que diferencia a los suelos limosos de los suelos arcillosos.

El término limoso es aplicado a la fracción fina del suelo que tiene un índice de plasticidad de 10 o menos.

El término arcilloso es aplicado cuando la fracción fina tiene un índice de plasticidad de 11 o más.

Considera solo la porción de suelo que pasa a través del tamiz de 75 mm. Si existieran partículas mayores (guijarros y cantos rodados), estas son excluidas de la muestra de suelo que será clasificado, sin embargo el porcentaje de ese material debe ser medido y anotado junto con el resultado de la clasificación.

Figura N° 04: Variación del límite líquido e índice de plasticidad para los suelos de los grupos A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7

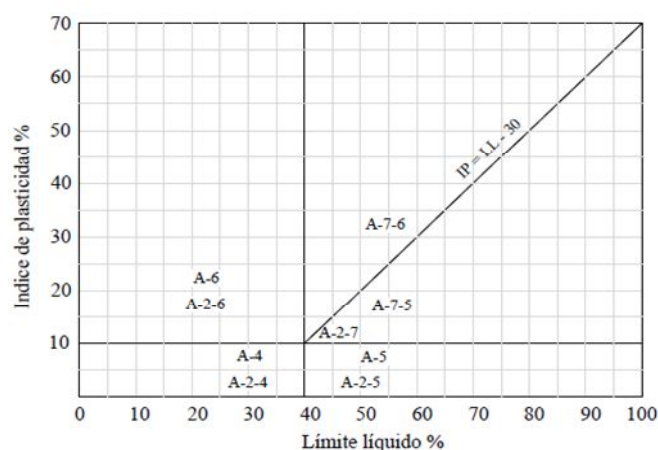


Tabla N° 02: Clasificación de los suelos sistema AASHTO

Clasificación general	Materiales Granulares 35% o menos del total de la muestra pasa el tamiz N° 200						
Clasificación de grupo	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por tamices (Porcentaje que pasa por los tamices):							
N° 10 (2.00 mm.)	50 max						
N° 40 (0.425 mm.)	30 max	50 max	51 min				
N° 200 (0.075 mm.)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40							
Límite líquido				40 max	41 min	40 max	41 min
Índice de plasticidad	7 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min
Tipos de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de piedra, grava y arena			Arena fina	Grava o arena limosa o arcilla		
(a)							
Clasificación general	Materiales limo - arcilla Mas del 35% del total de la muestra pasa por el tamiz N° 200						
Clasificación de grupo	A-4		A-5	A-6	A - 7		
					A - 7 - 5 ^a A - 7- 6 ^b		
Análisis por tamices (porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 (0.075 mm.))	36 min.		36 min.	36 min.	36 min.		
Características de fracción que pasa por N° 40 (0.425 mm.)							
Límite líquido	40 máx.		41 min.	40 máx.	41 min.		
Índice de plasticidad	10 máx.		10 máx.	11 min	11 min.		
Tipos de materiales constituyentes significativos	Suelos limoso			Suelo arcillo			
Relación general como subgrado	Regular a pobre						
^a Para A-7-5, $I_p \leq L_L - 30$							
^b Para A-7-6, $I_p > L_L - 30$							

2.5.2.9. EXPLORACIÓN DE SUELOS

Pozos o Calicatas y Trincheras.

Son excavaciones de formas diversas que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento. Las calicatas y trincheras serán realizadas según la NTP 339.162 (ASTM D 420). El personal responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.

Perforaciones Manuales y Mecánicas.

Son sondeos que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del terreno, así como extraer muestras del mismo y realizar ensayos in situ.

La profundidad recomendable es hasta 10 metros en perforación manual, sin limitación en perforación mecánica. Las perforaciones manuales o mecánicas tendrán las siguientes limitaciones:

Perforaciones mediante Espiral Mecánico.

Los espirales mecánicos que no dispongan de un dispositivo para introducir herramientas de muestreo en el eje, no deben usarse en terrenos donde sea necesario conocer con precisión la cota de los estratos, o donde el espesor de los mismos sea menor de 0,30 m.

Perforaciones por Lavado con Agua.

Se recomiendan para diámetros menores a 0,100 m. Las muestras procedentes del agua del lavado no deberán emplearse para ningún ensayo de laboratorio.

Toma de Muestras

Se distinguen dos tipos de muestras que se pueden obtener:

Muestras perturbadas

Se obtienen en general de las paredes de los pozos y comprometen estratos determinados o bien la suma de algunos de ellos, como es el caso de la investigación de yacimientos. Estas muestras deben guardarse en bolsas impermeables y de resistencia adecuada. Cada bolsa debe identificarse clara e indeleblemente.

Muestras en bolsas: Las muestras en bolsas se toman con pala, barreta o cualquier otra herramienta de mano conveniente y se colocan en bolsas sin tratar de mantener al suelo en forma inalterada, estas muestras se usan para:

Análisis granulométrico.

Ensayos de plasticidad.

Ensayos de compactación – humedad óptima.

Ensayos de compactación CBR en laboratorio.

Muestra sin perturbar

Este tipo de muestra se recorta de las paredes de los pozos y compromete estratos bien definidos. Después de cortadas deben revestirse con una capa de parafina sólida aplicada con brocha.

Es conveniente agregar alrededor de un 30% de cera virgen a la parafina sólida con el fin de que la capa protectora sea menos rígida. Si la consistencia de la muestra es relativamente blanda, debe rodearse de grasa y recubrir una vez más con parafina sólida y cera. Una vez dado el tratamiento anterior, debe colocarse en cajas de madera con aserrín u otro producto que actúe como amortiguador de golpes.

Las muestras sin perturbar deberán tomarse apenas excavadas las calicatas, en especial cuando se trate de suelos cuya estructura se ve afectada por los cambios de humedad. En todo caso, al tomar una muestra no perturbada, debe elegirse la pared de la calicata menos expuesta al sol y debe excavar el espesor superficial que haya sido afectado por los cambios de humedad.

No deben escatimarse esfuerzos en el embalaje adecuado de las muestras, ya que el grado de perturbación que se le ocasione a una muestra no perturbada es irreparable y lleva a resultados erróneos.

En las calicatas, es posible realizar ensayos en sitio tales como las pruebas de carga con placas, CBR, permeabilidades, medidas de densidad, etc. Las pruebas de carga pueden realizarse contra el fondo de la perforación o las paredes de la misma.

Cada vez que sea necesario realizar un ensayo en sitio en una calicata, la excavación deberá realizarse considerando este hecho, dado que este tipo de prueba obliga a tomar medidas especiales que determinan la forma de excavación. Es así como la toma de densidades obliga a realizar éstas a medida que la excavación se realiza, o bien es necesario dejar bancos intermedios.

El muestreo es tan importante como el ensayo y se deben tomar las precauciones para obtener muestras que exhiban la naturaleza real y condiciones de los suelos que se representan. Salvo situaciones que exijan determinación de resistencia o consolidación, las muestras necesarias para diseño de superestructura de obras viales serán perturbadas.

2.5.2.10. ENSAYOS DE LABORATORIO

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica.

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar y comprender el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica.

La humedad varía con la profundidad, dicha variación se manifiesta mediante el gráfico, en cuyas ordenadas se indica la profundidad “Z” de la toma de muestra y en las abscisas el contenido de humedad.

Objetivo:

Determinar el contenido de humedad de una muestra representativa del suelo natural.

Método:

Equipo:

Recipiente para humedad (aluminio o lata)

Horno eléctrico (estufa) con control de temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

Balanza de precisión.

Muestra:

Se utiliza parte del suelo extraído (alterado o inalterado)

Para lograr una determinación confiable del Contenido de Humedad, se recomienda utilizar cantidades mínimas de Muestra (muestra representativa).

Cuadro N° 02: Tamaño de partículas

Tamaño de partículas (mm)	Peso mín. muestra (gr)	
Nº 4 (4.75 mm)	100	
N º 40 (0.42 mm)	10	50
12.5 mm	300	
50 mm	1000	

Procedimiento:

Se pesa una lata con su respectiva tapa (tamaño recomendable 5 cm. De diámetro, por 3 cm. de altura, ó 6.4 cm. por 4.4 cm.)

Colocar una muestra representativa de suelo húmedo en la lata y determinar el peso del recipiente + suelo húmedo ($W_{\text{tara+sh}}$). Si para determinar el peso se presentaría una demora de 3 a 5 minutos, es necesario colocar la tapa para mantener la humedad.

Luego de pesar la muestra húmeda, se retira la tapa y colocarla debajo del recipiente y coloque la muestra en el horno.

Después de 24 horas, se pesa la lata con el suelo seco ($W_{\text{tara+ss}}$), si la pesada no se realiza inmediatamente se debe colocar la tapa. Asegúrese de usar la misma balanza para todas las mediciones.

Determinar la cantidad de agua evaporada

$$W_w = (W_h - W_s)$$

Determinar el contenido de humedad mediante la siguiente expresión.

$$\omega\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

$\omega\%$: Contenido de humedad expresado en porcentaje

W_w : Peso del agua existente en la masa del suelo, en estado natural.

W_s : Peso de las partículas sólidas.

Recomendaciones:

Se recomienda usar el horno a 60°C, para no falsear la humedad en suelos que contienen cantidades significativas de materia orgánica, yeso o ciertos tipos de arcillas.

En la mayoría de los casos, el tiempo de secado varía dependiendo del tipo de suelo. Por ejemplo una muestra de arena puede secarse en sólo algunas horas, ciertas arcillas podrán tardar más de 24 horas. En caso de que el tiempo establecido sea insuficiente, la muestra continuará en el horno hasta obtener pesadas consecutivas constantes transcurridas 4 horas entre ellas.

Las muestras ensayadas para determinar la humedad, deberán ser descartadas y no se utilizarán en ningún otro ensayo.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD IN SITU (PESO VOLUMÉTRICO DE UN SUELO)

El ensayo permite obtener la densidad del terreno y así verificar los resultados obtenidos en faenas de compactación de suelos, en las que existen especificaciones en cuanto a la humedad y la densidad.

Entre los métodos utilizados, se encuentran el método del cono de arena, el del balón de caucho e instrumentos nucleares entre otros.

Tanto el método del cono de arena como el del balón de caucho, son aplicables en suelos cuyos tamaños de partículas sean menores a 50mm, utilizan los mismos principios, o sea, obtener el peso del suelo húmedo (W_{hum}) de una pequeña perforación hecha sobre la superficie del terreno y generalmente del espesor de la capa compactada. Obtenido el volumen de dicho agujero (Vol. Excavado), la densidad del suelo estará dada por la siguiente expresión:

$$\gamma_h = \frac{W_h}{V_{ol.Exc.}} \left(\frac{gr}{cm^3} \right)$$

Método Volumétrico:

Equipo y Muestra:

Se utiliza un cilindro de acero (molde proctor, muestreador),

Se determina su volumen interior. Luego se llena con una muestra inalterada (penetrando el cilindro al suelo inalterado).

Procedimiento:

Medición del volumen del cilindro vacío ($V_{cil.}$)

Pesar el cilindro vacío ($W_{cil.}$)

Pesar el cilindro lleno de suelo (W_{total})

Cálculo de la densidad aparente

$$\gamma_h = \frac{W_{cil.lleno\ con\ suelo} - W_{cil.vacío}}{V_{int.cil.}} = \frac{W_t - W_{cil.}}{V_m}$$

Método de Reemplazo de Arena:

Es uno de los métodos más utilizados. Representa una forma indirecta de obtener el volumen del agujero utilizando para ello, una arena estandarizada compuesta por partículas cuarzosas sanas, no cementadas, de granulometría redondeada y comprendida entre las mallas N°10 ASTM (2,0 mm.) y N°35 ASTM (0,5 mm.)

Equipo:

Aparato cono de arena, compuesto por una válvula cilíndrica de 12.7 mm. de abertura, con un extremo terminado en embudo y el otro ajustado a la boca de un recipiente de aproximadamente 3785cm³ (1 galón). de capacidad. El aparato deberá llevar una placa base, con un orificio central de igual diámetro al del embudo.

Arena estandarizada, la cual deberá ser lavada y secada en horno hasta masa constante. Generalmente se utiliza arena de Ottawa, que corresponde a un material que pasa por la malla N° 20 ASTM (0,85 mm.) y queda retenida en la malla N° 30 ASTM (0,60mm.)

Dos balanzas, de capacidad superior a 10kg. y 1000gr, con precisión de 1gr. y de 0,01gr. Respectivamente.

Equipo de secado, podrá ser un hornillo o estufa de terreno.

Molde patrón de compactación de 6" de diámetro. y 944cc. De capacidad.

Herramientas y accesorios. Recipientes herméticos con tapa, martillo, cincel, tamices, espátula, brocha y regla metálica.

Muestra:

Se tomará según lo recomendado por la Norma ASTM.

Cuadro N° 03: Tamaño máximo de la muestra para determinar humedad

Tamaño máx. de las partículas (mm)	Tamaño mín. de la perforación (cm2)	Tamaño máx. de la muestra para determinar humedad
50	2800	1000
25	2100	500
12.7	1400	250

Procedimiento:

Determinación de la densidad (aparente) de la arena de reemplazo. Se pesa el molde de compactación (W) con su base ajustada y se verifica su volumen (V).

Se coloca el molde sobre una superficie plana, firme y horizontal, montando en el la placa base y el aparato de densidad, procurando que la operación sea similar a la que se desarrollará en el terreno. Luego se abre la válvula y se deja escurrir la arena hasta llenar el molde, se cierra la válvula, se retiran el aparato de densidad y la placa base y se procede a enrasar cuidadosamente el molde, sin producir vibración, registrando el peso del molde más la arena que contiene. Esta operación se repetirá hasta obtener, a lo menos, tres pesadas que no difieran entre sí más de un 1%.Promediando los valores, se obtiene el peso del molde con arena (W_a) y se determina la densidad aparente suelta de la arena.

$$D_a = \frac{W_a}{V_m}$$

Dónde: D_a : Densidad aparente de la arena

W_a : Peso de la arena en el molde

V_m : Volumen del molde proctor

Determinación del peso de arena necesario para llenar el cono mayor y el espacio de la placa base. Se llena el aparato de densidad con arena registrando el peso del conjunto (W_t). Luego se coloca la placa base sobre una superficie plana, firme y horizontal, montando en ella el aparato de densidad. Se abre la válvula y se espera hasta notar que la arena ha parado de fluir, momento en el cual se cierra la válvula. Finalmente se registra el peso del aparato de densidad más la arena remanente (W_r). Esta operación se repetirá para obtener un segundo valor que se promediará con el

anterior y por diferencia de pesos se obtendrá la masa de arena que llena el cono mayor y el espacio de la placa base (W_e).

Determinación del volumen del hoyo. Nivelada la superficie a ensayar, se coloca la placa base y se procede a excavar un agujero dentro de la abertura de ésta. El volumen de suelo más o menos a remover, será el indicado en la tabla siguiente, la cual está en función del tamaño máximo de las partículas del suelo. Este material extraído será depositado dentro de un recipiente hermético. Luego se pesa el aparato de densidad con el total de arena (W_t), el que es puesto en seguida sobre la abertura de la placa base y se abre la válvula dejando escurrir la arena hasta que se detenga, momento en el cual se cierra la válvula y se determina el peso del aparato de densidad más la arena remanente (W_r). Finalmente, se recupera la arena de ensayo desde dentro del agujero y se coloca en un envase aparte, de modo de reacondicionarla para poder volver a utilizarla en otra toma de densidad.

Determinación de la masa seca de material extraído. El material removido se deposita en un recipiente hermético al que previamente se le determinó su peso (W_r). El conjunto se pesa para obtener el peso del material más el recipiente (W_{sh+tr}). Luego, dentro del recipiente se mezcla el material y se obtiene una muestra representativa (W_h) según la tabla anterior, para determinar mediante secado a estufa en terreno, el peso de la muestra seca (W_s) y por ende su humedad ($W\%$). Finalmente, se extrae otra muestra representativa la que se deposita dentro de un envase sellado para obtener la humedad en laboratorio, la que se compara con la del terreno.

Recomendaciones:

Generalmente es deseable contar con una arena uniforme o de un solo tamaño para evitar problemas de segregación, de modo que con las condiciones de vaciado pueda lograrse la misma densidad, del suelo que se ensaya.

En el momento de ensayo, en el terreno, se debe evitar cualquier tipo de vibración en el área circundante, ya que esto puede provocar introducir un exceso de arena en el agujero.

En suelos en que predominan las partículas gruesas es recomendable determinar la

humedad sobre el total del material extraído.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO- POR TAMIZADO

La clasificación de los suelos para usar de ingeniería es universalmente acostumbrada utilizar algún tipo de análisis granulométrico. Una parte importante de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras, aéreo pistas, presas de tierra, diques, y otro tipo de terraplenes en el análisis granulométrico. La información obtenida del análisis granulométrico puede en ocasiones utilizarse para producir movimientos del agua a través del suelo.

El análisis granulométrico en un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de gramo presente en una masa de suelo dada. Obviamente para obtener un resultado significativo de la muestra debe ser “Estadísticamente Representativa” de la masa del suelo. En la práctica solamente solo se agrupa a los materiales por rangos de tamaño (Tamaño Nominal).

Objetivo

Este ensayo tiene por finalidad observar las diferentes graduaciones que tiene un material, para que en caso de no reunir las condiciones técnicas especificadas en las normas, se haga un reajuste o un acondicionamiento de los materiales a fin de obtener la granulometría deseada y así cumplir con las especificaciones recomendadas.

Tamaño De La Muestra De Suelo (ASTM D1140-54)

Diámetro nominal de partícula mayor Peso mínimo aproximado de muestra en gr.

TAMIZ N° 10 200 gr.

TAMIZ N° 14 500 gr.

3/4 pulg. 1500 gr.

Los tamices son hechos de malla de alambre forjado con aberturas rectangulares que varían:

MALLA	(mm)
5"	127.000
4"	101.600
3"	76.200

2 1/2"	63.500
2"	58.800
1 1/2	38.100
1"	25.400
3/4 "	19.050
1/2"	12,700
3/8"	9,525
1/4"	6,350
Nº 4	4,760
Nº 6	3,360
Nº 8	2,380
Nº 10	2,000
Nº 16	1,190
Nº 20	0,840
Nº 30	0,590
Nº 40	0,420
Nº 50	0,297
Nº 60	0,250
Nº 80	0,177
Nº 100	0,149
Nº 200	0,074

Todos los sistemas de clasificación utilizan el tamiz Nº 200 como punto divisorio. Las clasificaciones se basan generalmente en términos de la cantidad retenida o la cantidad que pasa a través del tamiz Nº 200.

Ocasionalmente es deseable conocer la escala aproximada de partículas que pasa el tamiz Nº 200. Cuando se presenta se efectúa el "análisis granulométrico – método del hidrómetro. La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva. Para poder comparar suelos y visualizar más fácilmente la distribución de los tamaños de granos presentes y como una masa de suelo típica puede tener partículas que varíen entre tamaños de 2.00 mm y 0,0075 la más pequeña (Tamiz Nº 200) por lo cual sería necesario recurrir a una escala muy grande para poder dar el mismo peso y precisión de lectura a todas las medidas, es necesario recurrir a la

representación logarítmica para los tamaños de partículas. Cuando menor del 10% al 15% del material pasa a través del tamiz N° 10 (2.00 mm) no es deseable o práctico para estos suelos (grasa o arena grasosa) el procedimiento de lavado a través del tamiz. El lavado es usualmente innecesario cuando sólo 5 a 10% pasa a través del tamiz 100 (0,150 mm). Para suelos arenosos con granos finos, se recomienda dos series de tamices de orden de arriba hacia abajo) como siguen:

Cuadro N° 04: Serie típica y alternativa de tamices

SERIE TIPICA DE TAMICES		SERIE ALTERNATIVA DE TAMICES	
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	TAMIZ N°	ABERTURA (mm)
<i>Tapa</i>		<i>Tapa</i>	
4	4.78	4	
10	2.00	10	
20	0.850	30	0.600
40	0.425	50	0.300
60	0.250	100	0.150
140	0.106	200	0.075
200	0.075	Bandeja	
Bandeja			

Equipo:

Un juego de tamices normalizados según la tabla anterior.

Dos balanzas: con capacidades superiores a 20 kg. y 2000 gr. Y precisiones de 1gr. y 0,1gr. Respectivamente.

Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.

Un vibrador mecánico.

Herramientas y accesorios. Bandeja metálica, recipientes plásticos y escobilla.

Procedimiento:

Se homogeniza cuidadosamente el total de la muestra en estado natural (desmenuzándola con un mortero), tratando de evitar romper sus partículas individuales, especialmente si se trata de un material blando, piedra arenosa u otro similar.

Se reduce por cuarteo una cantidad de muestra levemente superior a la mínima recomendada según el tamaño máximo de partículas del suelo.

Tamaño máx. de partículas (mm)	Cantidad mín. A ensayar (Kg.)
4.75	0.5
25	10.0
50	20.0
80	32.0

Cuadro N° 05: Tamaño máximo de partículas

Se seca el material dentro de un horno a una temperatura de 110 °C, hasta conseguir pesadas consecutivas constantes en la muestra. Cuando esté seca, se obtiene la cantidad mínima recomendada o peso de la muestra (Wm.) a ensayar según la tabla anterior.

Inmediatamente obtenido el tamaño de muestra a ensayar, se pesa y se lava con el fin de eliminar todo el material fino menor a 0,075 mm. Para esto, se remoja el suelo en un recipiente con agua hasta que las partículas más finas se suelten, en seguida se lava el suelo colocando como filtro la malla N° 200 ASTM (0,075 mm), hasta observar que el agua utilizada salga limpia. El material retenido en la malla se deposita en una bandeja y se coloca al horno durante 24 horas. Cumplido el tiempo de secado y una vez enfriada la muestra, se pesa (Wm después lavado).

A continuación, se deposita el material en un juego de tamices, los que deberán encontrarse limpios y ordenados en forma decreciente los mayores arriba hasta los diámetros inferiores abajo. El juego deberá contar de una tapa en la parte superior y una bandeja de residuos en la inferior.

Se hace vibrar el conjunto durante 5 a 10 minutos, tiempo después del cual se retira del vibrador y se registra el peso del material retenido en cada tamiz. Sumar estos pesos (W_f , peso final o después del ensayo) y comparar con el peso inicial o peso de la muestra seca después del lavado, con el cual se inició el cribado. Esta operación permite detectar cualquier pérdida de suelo durante el proceso de tamizado. Si se tiene una pérdida de más del 2% con respecto al peso original, se considera que el experimento no es satisfactorio y por consiguiente debe repetirse.

Calcular el porcentaje en cada tamiz. Así mismo calcular el porcentaje que pasa, comenzando por el 100% y sustraer el porcentaje retenido en cada malla como un proceso acumulativo.

Cada integrante del grupo debe hacer una gráfica semi logarítmica del tamaño de la partícula vs porcentaje que pasa. Si menos del 12% del material pasa a través del tamiz N° 200, es necesario calcular el C_u y C_c .

ANÁLISIS SOBRE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS

La forma de la curva da inmediata idea de la distribución granulométrica del suelo, constituido por partículas de un solo tamaño estará representado por una línea vertical, una curva muy tendida indica gran variedad en tamaños.

El ortodoxo Allen Hazen denominó diámetro efectivo, D_{10} , al que corresponde o significa que el 10% en la curva acumulativa, concediéndole un papel predominante en la permeabilidad del suelo. Hay que tener cuidado, pues esta definición del diámetro efectivo, solo se refiere a arenas.

Como una medida simple de la uniformidad de un suelo, Allen Hazen propuso el coeficiente de uniformidad:

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

En donde:

D_{60} : Es el tamaño de partícula que corresponde al 60% en peso.

D_{10} : Es el tamaño tal que corresponde al 10% en peso, del suelo.

Para mejor conocimiento y evaluación del suelo es necesario definir la uniformidad, se

define el coeficiente de curvatura del suelo con la expresión:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

En donde:

D_{30} : Es el tamaño de partícula que corresponde al 30% en peso.

Los suelos con $C_u < 3$ se considera muy uniformes, el coeficiente de curvatura (C_c) tiene un valor entre 1 y 3 en suelos bien graduados, con amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

LÍMITES DE CONSISTENCIA O LÍMITES DE ATTERBERG.

Los límites de consistencia fueron propuestos el científico sueco A. Atterberg, nosotros podemos considerar que los LL y LP han sido y son ampliamente utilizados a nivel mundial, principalmente para la identificación y clasificación de los suelos, ambos también son útiles para predecir la máxima densidad seca o el óptimo contenido de humedad en los problemas de compactación. El LC, es importante en las zonas donde el suelo sufre grandes cambios de volumen. Los límites de adhesión y cohesión no tienen relevancia en el campo de la ingeniería civil.

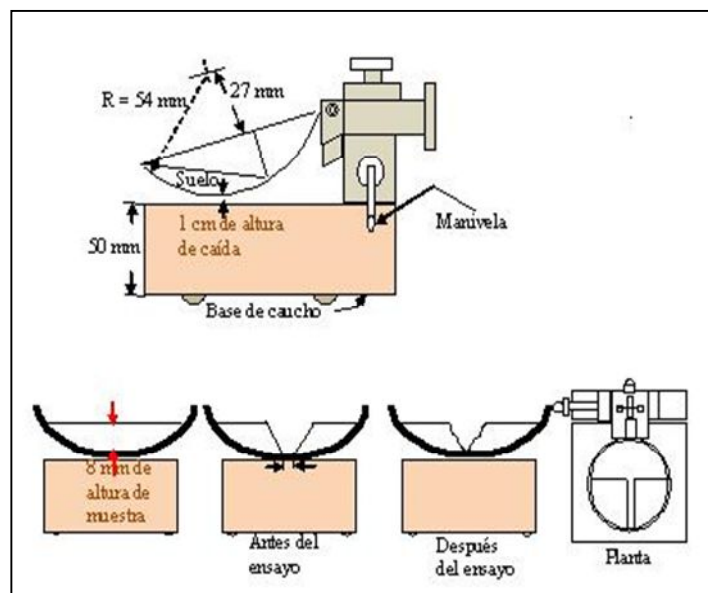
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO (LL)

Hoy en día se emplea el equipo ideado por A. Casagrande es un equipo mundialmente usado, compuesto por una copa o cápsula de latón, articulada por un extremo, que sube y baja por la acción de hacer girar una manivela, la altura de caída de la copa se ajusta para que sea exactamente 1 centímetro, la copa se golpea sobre una base de caucho duro. Adicionalmente se debe contar con la presencia de dos ranuradores, uno tipo ASTM generalmente utilizado para suelos poco plásticos y otro tipo Casagrande, los cuales sirven para hacer ranuras en la muestra que se colocará sobre la copa.

El material (suelo) que se utiliza para la prueba debe pasar la malla N° 40 (0.420 mm), antes de la prueba, el suelo se amasa y se deposita en la copa, se hace una ranura en el centro de la muestra de suelo, Luego entonces se gira la manivela y se cuenta el número de golpes que la copa cae sobre la base de caucho, hasta que la ranura se cierre en unos 12 mm de longitud. Se toma un poco de suelo de alrededor de la ranura y se determina su contenido de humedad. Se repite la operación tres a cuatro veces

añadiendo agua o amasando con la finalidad que se deshidrate la muestra, no agregar suelo seco, hasta que se hagan dos mediciones de la humedad para consistencias correspondientes a menos de 25 golpes, y otras dos mediciones para un número mayor. Los resultados se grafican tomando en abscisas el número de golpes (NG) en escala logarítmica, y como ordenadas el contenido de humedad correspondiente, se obtienen puntos que definen una línea que generalmente es una recta. La intersección de esta línea con la vertical correspondiente a 25 golpes da el contenido de humedad al que se denomina Límite líquido (LL).

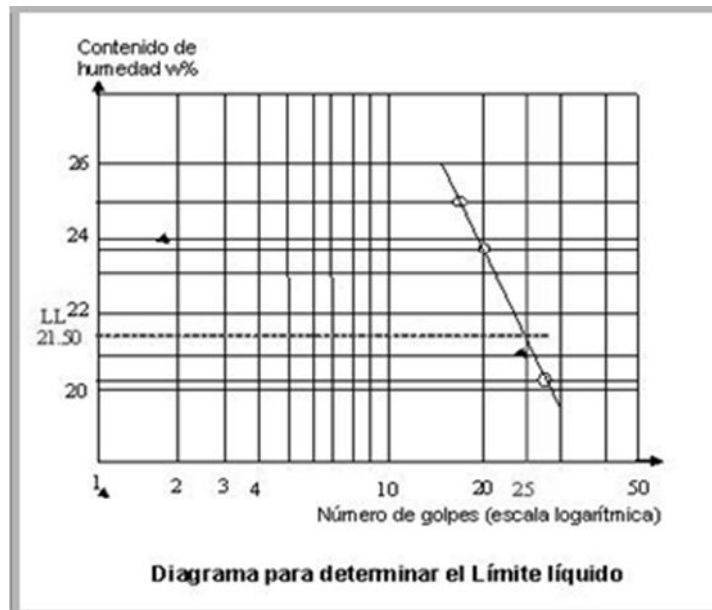
Figura N° 05: Partes de la copa de Casagrande



Procedimiento de cálculo:

Del laboratorio se obtiene los pesos del suelo húmedo (W_{sh}), peso del suelo seco (W_{ss}), peso del tarro (W_{tarro}) y número de golpes (NG) en el ensayo del Límite líquido. En gabinete se determina los pesos: del agua (W_w) y porcentaje de humedad ($w\%$). Se procede a graficar en un sistema de coordenadas, el contenido de humedad en el eje de ordenadas en escala natural, el NG en el eje de abscisas en escala logarítmica. Se obtienen puntos de coordenadas (NG, $w\%$) deben generar una línea recta. El Límite líquido quedará determinado por el punto de intersección de esta línea, con la perpendicular al eje de las abscisas en el valor correspondiente a 25 golpes.

Figura N° 06: Diagrama para determinar el límite líquido



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (LP)

El límite plástico se determina moldeando un poco de suelo plástico (20 gr aproximadamente), haciendo rodar con la mano sobre una placa de vidrio en cilindros o rollitos de 3 mm (velocidad de 80 a 90 movimientos por minuto), dichos cilindros de suelo que se forman y doblan rodando de nuevo; se pierde con ello cierta humedad. Esta operación debe repetirse hasta que los cilindros no puedan rodarse sin antes desmoronarse, en este momento el diámetro debe ser aproximadamente de 3 mm. Entonces se determina el contenido de humedad pesando los cilindros de suelo, secándolos en un horno y volviéndolos a pesar. Se admite que este contenido de agua representa el Límite Plástico (LP) del suelo ensayado.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO (IP)

El índice plástico queda determinado por la diferencia entre el Límite líquido y el Límite plástico:

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots (1)$$

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS.

El peso específico de un suelo (γ_s) se define como el cociente entre el peso al aire de las partículas sólidas y el peso, al aire, de un volumen igual de agua destilada,

considerando igual temperatura y el mismo volumen.

La gravedad específica de un suelo (S_s) se define como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4°C. La S_s se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_o}$$

Donde:

γ_s : Peso específico de los sólidos (gr/cm³)

γ_o : Peso específico del agua a 4°C (gr/cm³)

De esta forma, la gravedad específica puede ser calculada utilizando cualquier relación de peso de suelo (W_s) al peso del agua (W_w), siempre y cuando se consideren los mismos volúmenes, como se observa en la siguiente expresión:

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fas}} = \frac{W_s}{W_w}$$

EQUIPO:

Suministro de agua desaireada con temperatura estabilizada.

Frasco volumétrico de 250 ó 500 ml.

Bomba de vacíos o aspirador para producir vacío.

Mortero y mango para mortear.

Balanza de precisión 0.1 gr.

Termómetro.

Desecador.- con un diámetro Aprox. De 200 mm.

Horno.- Capas de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.

Opcional: Recipiente de agua helada y mezclador mecánico de refrescos.

Con anterioridad a la práctica (1día antes), se debe recolectar y desairear una cantidad suficiente de agua común o destilada, cerca de 1000 ml cada grupo, utilizar agua común, agua caliente, y/o agua helada para efectuar una estabilización en la temperatura del agua.

PROCEDIMIENTO:

Mezclar de 100 a 120 gr. de suelo secado al aire o al horno con agua en un recipiente evaporador hasta formar una pasta cremosa. Si no se utiliza un mezclador eléctrico, remojar el suelo entre 20 y 30 minutos (la ASTM recomienda 12 horas, para muestras secadas al horno).

Opcional: Transferir la pasta al vaso mezclador eléctrico de refrescos y añadir agua hasta formar una mezcla de cerca de 200ml de suelo-agua. Batir estas mezclas durante 5 a 10 minutos. Si se hace este paso, es necesario utilizar un matraz (de 500 ml).

Se pesa el frasco vacío (W_f) y se registra, luego se llena con agua de desaireada (hasta la marca de 500 ml), tener mucho cuidado en no introducir aire nuevamente por agitación excesiva, como alternativa, es posible aplicar vacío por unos cuantos minutos después de haber llenado el frasco hasta los $\frac{3}{4}$ de su capacidad y luego llenar hasta la marca y registrar ($W_f W =$ Peso del frasco con agua), el cuello del frasco debe estar seco, se registra la $T^\circ\text{C}$ de modo que la mezcla agua suelo se encuentre a la misma temperatura aproximadamente dentro de 1°C , esta operación puede hacerse mientras el suelo está siendo mezclado. Este paso se puede omitir si existe una curva de calibración del frasco.

Luego de 15 a 30 minutos, transferir el suelo saturado del plato evaporador al frasco volumétrico. Tener cuidado que no queden partículas de suelo en el recipiente evaporador, añadir agua con temperatura estabilizada para completar los $\frac{2}{3}$ a $\frac{3}{4}$ de la capacidad y luego se agita el matraz con la mano.

$$W_{total} = W_{f\text{ vacío}} + W_s$$

$$W_\omega = W_{total} - W_{f\omega s}$$

Conectar el frasco a la bomba de vacío por un tiempo de unos 10 minutos, durante este tiempo agitar suavemente la mezcla moviendo cuidadosamente el frasco. Observar que la reducción en la presión del aire dentro del frasco produce “ebullición” del agua. La eficiencia del vacío es verificable de la siguiente manera:

Luego de aplicar vacío al frasco por 10 minutos a la mezcla suelo-agua.

Llenar el frasco hasta unos 20 mm por debajo de la marca del frasco con agua desaireada y con temperatura estabilizada.

Retirando cuidadosamente la tapa para romper el vacío y si el nivel de agua sube más de 3 mm, el desaireamiento será suficiente.

Cuando el proceso de desaireamiento se haya completado, se afora el frasco hasta la marca de 500 ml (base del menisco se encuentre en la marca), secar el cuello por encima de la marca con papel secante enrollado. Luego se pesa y se obtiene el peso del frasco con agua y muestra (W_{fws}) asegúrese que la $T^{\circ}C$ esté dentro de $1^{\circ}C$ con respecto a la utilizada al medir W_{fw}

Cálculo de la gravedad específica.

$$G_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fo} - W_{fos}}$$

Repetir la secuencia (pasos 1 a 9) para valores adicionales de S_s , hasta tener valores dentro de un rango del 2%:

$$\frac{\text{Mayor valor de } S_s}{\text{Menor valor de } S_s} \leq 1.02$$

Cuadro N° 06: Factor de corrección

T ^o C		Densidad (γ en gr/cm ³)
16	1.0007	0.99897
18	1.0004	0.99862
20	1.0000	0.99823
22	0.9990	0.99780
24	0.9996	0.99732
26	0.99681	0.99681

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Objetivo:

Tiene por objeto establecer el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia

al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, por el método del corte directo. Este ensayo puede realizarse sobre todos los tipos de suelos, con muestras inalteradas y remoldeadas.

El ensayo consiste en:

Colocación de la muestra en el dispositivo de corte.

Aplicación de una carga normal.

Disposición de los medios de drenaje y humedecimiento de la muestra.

Consolidación de la muestra.

Liberación de los marcos que sostienen la muestra.

Aplicación de la fuerza de corte para hacer fallar la muestra.

Aparatos:

Dispositivo de carga. El dispositivo de carga debe ceñirse a lo siguiente. Sostener la probeta con seguridad entre dos piedras porosas colocadas una en cada cara, de tal manera que no se presenten movimientos de torsión sobre ella.

Estar provisto de los dispositivos necesarios para:

Aplicar una fuerza normal en las caras de la muestra.

Determinar los cambios en el espesor de la muestra.

Drenar el agua a través de las piedras porosas.

Sumergir la muestra en agua.

Ser capaz de aplicar una fuerza de corte para hacer fallar la muestra a lo largo de un determinado plano (corte único) o de planos (corte doble) paralelos a las caras de la muestra.

Los marcos que sostienen la probeta deben ser lo suficientemente rígidos para evitar su deformación durante el corte.

Las diferentes partes del dispositivo deben ser de un material resistente a la corrosión por sustancias contenidas en el suelo o por la humedad del mismo.

Piedras porosas: Las piedras porosas deben ceñirse a lo siguiente:

Deben ser de carburo de silicio, óxido de aluminio o de un metal que no sea susceptible a la corrosión por sustancias contenidas en el suelo o la humedad del mismo.

Dependiendo del tipo de suelo que se va a ensayar, las piedras porosas deben tener

la calidad adecuada para desarrollar el contacto necesario con la muestra y, además, deben evitar la intrusión excesiva de partículas de suelo dentro de sus poros.

Para ensayos con suelos normales, la calidad de las piedras debe permitir una permeabilidad de 0.5 mm/s a 1 mm/s.

Dispositivo para la aplicación de la fuerza normal. Debe estar capacitado para aplicar rápidamente la fuerza especificada sin excederla y para mantenerla con una variación máxima de $\pm 1 \%$ durante el proceso de ensayo.

Dispositivo para la aplicación de la fuerza de corte.

La capacidad depende más que todo del tipo de control: con control de deformaciones o con control de esfuerzos. Se prefiere generalmente el primero por la facilidad para determinar, tanto el esfuerzo último, como la carga máxima.

El equipo con control de deformaciones debe tener la capacidad para cortar la muestra a una velocidad de desplazamiento uniforme, con una desviación de $\pm 10 \%$ y debe permitir el ajuste de la velocidad de desplazamiento dentro de un rango más o menos amplio.

La velocidad de aplicación de la carga, depende de las características de consolidación del suelo. Se logra usualmente por medio de un motor con caja de transmisión y la fuerza de corte se determina por medio de un indicador de carga.

Si se usa el equipo con control de esfuerzos, debe ser capaz de aplicar la fuerza de corte sobre la muestra con incrementos de carga y grado de precisión.

Equipo para el corte de la muestra. Debe ser adecuado para tallar la muestra de acuerdo con las dimensiones interiores de la caja de corte con un mínimo de alteración. Puede necesitarse un soporte exterior para mantener en alineamiento axial una serie de 2 o 3 anillos.

Figura N° 07: Instrumento de corte directo



Otros:

Balanza. Debe tener una sensibilidad de 0.1 g o 0.1 % del peso de la probeta.

Deformímetros o diales. Deben ser adecuados para medir los cambios en el espesor de la muestra con una sensibilidad de 0.002 mm (0.0001") y la deformación con sensibilidad de 0.02 mm (0.001").

Estufa u Horno de secado. Capaz de mantenerse a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

Recipientes para muestras de humedad.

Equipo para el remoldeo o compactación de probetas.

Misceláneos. Incluyen: cronómetro, sierra de alambre, espátula, cuchillos, engrasadores, agua destilada y demás elementos necesarios.

Muestra:

Preparación de los especímenes.

Si se usa una muestra inalterada, debe ser suficientemente grande para proveer un mínimo de tres muestras idénticas.

La preparación de la muestra debe efectuarse de tal manera que la pérdida de humedad sea insignificante.

La muestra se talla sobre medida para las dimensiones del dispositivo de corte directo.

Para muestras inalteradas de suelos sensibles, debe tenerse extremo cuidado al labrar las muestras, para evitar la alteración de su estructura natural.

Se determina el peso inicial de la muestra para el cálculo posterior del contenido inicial de humedad de acuerdo con la norma.

Si se utilizan muestras de suelos compactados, la compactación debe hacerse con las condiciones de humedad y peso unitario deseados. Se puede efectuar directamente en el dispositivo de corte, en un molde de dimensiones iguales a las del dispositivo de corte o en un molde mayor para recortarlas.

El diámetro mínimo de las muestras circulares o el ancho mínimo para muestras rectangulares debe ser alrededor de 50 mm (2").

Para minimizar las alteraciones causadas por el muestreo, el diámetro de las muestras obtenidas de tubos saca muestras debe ser, por lo menos, 5 mm (1/5") menor que el diámetro del tubo.

El espesor mínimo de la muestra de ensayo, debe ser alrededor de 12 mm (1/2 "), pero no menor de un sexto el tamaño máximo de las partículas del suelo.

La relación mínima diámetro/espesor o ancho/espesor, según la muestra, debe ser 2:1.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Se ensambla la caja de corte con los marcos alineados y se bloquea. Se aplica una capa de grasa entre los marcos para lograr impermeabilidad durante la consolidación y reducir la fricción durante el corte.

Se introduce la muestra de ensayo con sumo cuidado. Se conecta el dispositivo de carga y se ajusta el dial para medir tanto la deformación durante el corte, como el cambio del espesor de la muestra y luego se determina el espesor inicial. La costumbre de humedecer las piedras porosas antes de la colocación y aplicación de la fuerza normal sobre las muestras, dependerá del tipo de problema en estudio. Para muestras inalteradas obtenidas bajo el nivel freático, deben humedecerse las piedras.

Para suelos expansivos se debe efectuar el humedecimiento después de la aplicación

de la fuerza normal, para evitar expansiones que no son representativas de las condiciones de campo.

Se debe permitir una consolidación inicial de la muestra bajo una fuerza normal adecuada.

Después de aplicar la fuerza normal predeterminada, se llena el depósito de agua hasta un nivel por encima de la muestra, permitiendo el drenaje y una nueva consolidación de la misma. El nivel del agua se debe mantener durante la consolidación y en las fases siguientes de corte de tal manera que la muestra esté saturada en todo momento.

La fuerza normal que se aplique a cada una de las muestras depende de la información requerida. Un solo incremento de ella puede ser apropiado para suelos relativamente firmes.

Para los demás suelos pueden ser necesarios varios incrementos con el objeto de prevenir el daño de la muestra. El primer incremento dependerá de la resistencia y de la sensibilidad del suelo. En general, esta fuerza no debe ser tan grande que haga fluir el material constitutivo de la muestra por fuera del dispositivo de corte.

Durante el proceso de la consolidación deben registrarse las lecturas de deformación normal, en tiempos apropiados, antes de aplicar un nuevo incremento de la fuerza.

Cada incremento de la fuerza normal debe durar hasta que se complete la consolidación primaria. El incremento final debe completar la fuerza normal especificada.

Se representan gráficamente las lecturas de la deformación normal contra el tiempo.

Corte de la muestra. Luego de terminada la consolidación se deben soltar los marcos separándolos aproximadamente 0.25 mm (0.01"), para permitir el corte de la muestra. Se debe aplicar la fuerza de corte lentamente para permitir la disipación completa del exceso de presión de poros.

Se continúa el ensayo hasta que el esfuerzo de corte sea constante, o hasta que se logre una deformación del 10 % del diámetro o de la longitud original.

En el ensayo con control de esfuerzos, se comienza con incrementos de la fuerza de corte de aproximadamente un 10 % de la máxima estimada.

Antes de aplicar un nuevo incremento, se permitirá por lo menos un 95 % de consolidación bajo el incremento anterior.

Cuando se ha aplicado del 50 % al 70 % de la fuerza de falla estimada, los nuevos incrementos serán de la mitad del valor de los aplicados hasta ese momento, o sea el 5 % de la máxima fuerza.

En la proximidad de la falla, los incrementos de la fuerza pueden ser iguales a un cuarto del incremento inicial (2.5 % de la fuerza normal de corte estimada). Se debe llevar registro de la fuerza de corte aplicada y la deformación normal y de corte para intervalos convenientes de tiempo. Con preferencia, el incremento de la fuerza de corte debe ser continuo.

Terminado el ensayo, se remueve la muestra completa de la caja de corte, se seca en la estufa determina el peso de los sólidos.

CÁLCULOS:

Calcúlense los siguientes valores:

Contenido inicial de humedad.

Peso unitario seco inicial y peso unitario húmedo inicial.

Esfuerzos de corte.

Relación de vacíos antes y después de la consolidación y después del ensayo de corte, si se desea.

Los grados de saturación inicial y final, si se desea.

2.5.2.11. CAPACIDAD PORTANTE

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la

máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por tanto la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales:

Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento.

Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al terreno y la deformación sufrida por éste, deberá calcularse la capacidad portante a partir de criterios de asiento admisible.

De manera análoga, la expresión capacidad portante se utiliza en las demás ramas de la ingeniería para referir a la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma.

Capacidad de carga a corto y a largo plazo.

Las propiedades mecánicas de un terreno suelen diferir frente a cargas que varían (casi) instantáneamente y cargas cuasi permanentes. Esto se debe a que los terrenos son porosos, y estos poros pueden estar total o parcialmente saturados de agua. En general los terrenos se comportan de manera más rígida frente a cargas de variación quasinstantánea ya que éstas aumentan la presión intersticial, sin producir el desalojo de una cantidad apreciable de agua. En cambio bajo cargas permanentes la diferencia de presión intersticial entre diferentes partes del terreno produce el drenaje de algunas zonas.

En el cálculo o comprobación de la capacidad portante de un terreno sobre el que existe una construcción debe atenderse al corto plazo (caso sin drenaje) y al largo plazo (con drenaje). En el comportamiento a corto plazo se desprecian todo los términos excepto la cohesión última, mientras que en la capacidad portante a largo plazo (caso con drenaje) es importante también en rozamiento interno del terreno y su peso específico.

2.5.2.12. CAPACIDAD DE CARGA SEGÚN KARL TERZAGHI

Terzaghi sugirió para una cimentación corrida (relación ancho-longitud tiende a cero), $B \ll L$ la superficie de falla en el suelo bajo carga última puede interpretarse según la Fig. 07. Notar que es el caso de falla general por corte.

Diagrama de un muro de retención en estado de empuje activo. El muro tiene una altura D_f . La tierra detrás del muro está suelta y su peso unitario es $q = YD_f$. La zona activa se extiende desde la base del muro hasta una profundidad de $45 \Phi/2$. La zona pasiva se extiende desde la base del muro hasta una profundidad de $45 \Phi/2$. La zona de escape (Espiral) se extiende desde la base del muro hasta una profundidad de $45 \Phi/2$.

55

Para diferentes geometrías de cimentaciones se obtuvo las siguientes expresiones:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4 BN$$

.....cimentación cuadrada... (b)

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.6 BN$$

.....cimentación circular.... (c)

En la ecuación para cimentación cuadrada, B es la dimensión de cada lado y para la cimentación circular B , es el radio.

También varios autores han determinado fórmulas matemáticas para el cálculo de los factores de capacidad de carga entre ellos Reissner (1924) presentó expresiones tales como:

$$N_q = e^{\tan \phi \tan^2 (45 + \phi/2)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

El factor de capacidad soporte N es muy discutido por varios autores ya que este factor es influenciado por otros parámetros como el ángulo de fricción y la rugosidad propia de la cimentación. En la práctica de la ingeniería existe una marcada preferencia por utilizar N de Caquot y Keresil (1953).

$$N = 2.0(N_q + 1) \tan \phi$$

Para cimentaciones que exhiben falla local o punzonamiento por corte en suelos, Terzaghi sugirió modificaciones en los parámetros (ϕ , C) es decir sustituirlos por (ϕ' , C') en las ecuaciones (a, b, c).

Figura N° 09: Factores de capacidad de carga dados por Terzaghi

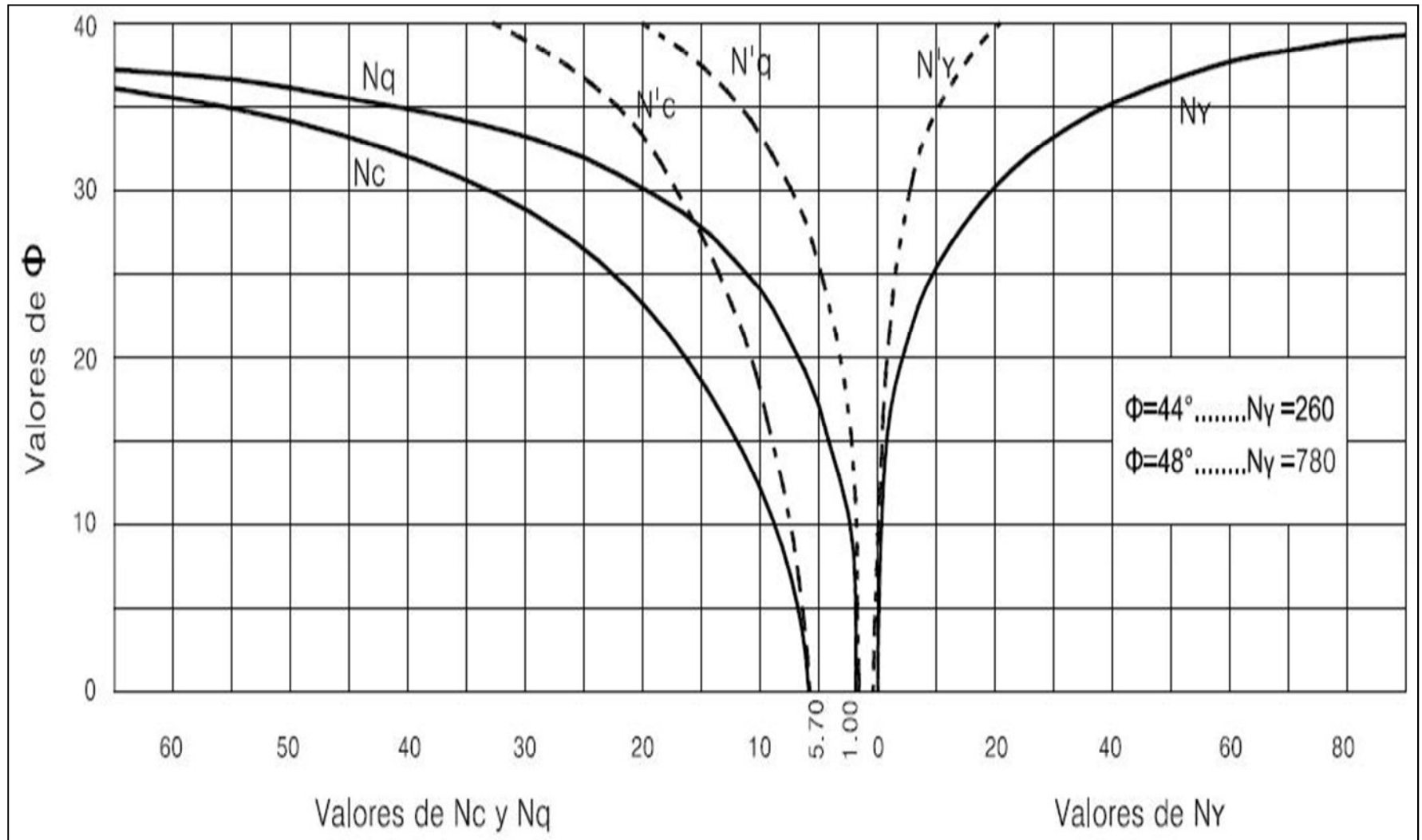


Tabla N° 03: Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi

ϕ	N'c	N'q	N' γ	ϕ	N'c	N'q	N' γ
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

2.5.2.13. CIMENTACIONES

Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados (excepto en suelos rocosos muy coherentes).

La cimentación es importante porque es el grupo de elementos que soportan a la superestructura. Hay que prestar especial atención ya que la estabilidad de la

construcción depende en gran medida del tipo de terreno.

Tipos de cimentación

La elección del tipo de cimentación depende especialmente de las características mecánicas del terreno, como su cohesión, su ángulo de rozamiento interno, posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas existentes. A partir de todos esos datos se calcula la capacidad portante, que junto con la homogeneidad del terreno aconsejan usar un tipo u otro diferente de cimentación.

Cimentaciones superficiales o directas

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas. En este tipo de cimentación, la carga se reparte en un plano de apoyo horizontal.

En estructuras importantes, tales como puentes, las cimentaciones, incluso las superficiales, se apoyan a suficiente profundidad como para garantizar que no se produzcan deterioros. Las cimentaciones superficiales se clasifican en:

Cimentaciones ciclópeas.

Zapatas.

Zapatas aisladas.

Zapatas corridas.

Zapatas combinadas.

Losas de cimentación.

Cimentaciones semiprofundas

Pozos de cimentación o caissons: Son en realidad soluciones intermedias entre las superficiales y las profundas, por lo que en ocasiones se catalogan como semi profundas. Algunas veces estos deben hacerse bajo agua, cuando no puede desviarse el río, en ese caso se trabaja en cámaras presurizadas.

Arcos de ladrillo sobre machones de hormigón o mampostería.

Muros de contención bajo rasante: no es necesario anclar el muro al terreno.

Micropilotes, son una variante basada en la misma idea del pilotaje, que frecuentemente constituyen una cimentación semiprofunda.

Cimentaciones profundas

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Por eso deben ser más profundas, para poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Algunos métodos utilizados en cimentaciones profundas son:

Pilotes: son elementos de cimentación esbeltos que se hincan (pilotes de desplazamiento prefabricados) o construyen en una cavidad previamente abierta en el terreno (pilotes de extracción ejecutados in situ). Antiguamente eran de madera, hasta que en los años 1940 comenzó a emplearse el hormigón.

2.6 MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGÍA BÁSICA

Para obtener una interpretación uniforme presento un vocabulario en el que figuran términos que pueden tener varias acepciones en el lenguaje común, con el fin de que sean entendidos de acuerdo con la definición que se expone.

Capacidad Portante: Es la capacidad del terreno reducida por efecto de la sobrecarga, el peso del suelo y el peso de la zapata.

Suelo: Son el producto del desgaste o desintegración de las rocas de la corteza terrestre, debido a los agentes atmosféricos y a los diferentes procesos físico-químicos en la naturaleza.

Roca: Son aquellas que están formadas por minerales, y otras sustancias sólidas endurecidas, y sólo pueden ser excavadas mediante taladros, cuñas o explosivos.

Zonificación: En sentido amplio, indica la división de un área geográfica en sectores homogéneos conforme a ciertos criterios.

Cimentación: es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas actuantes sobre la totalidad de la construcción al terreno.

2.7 MARCO HISTÓRICO

Los suelos a través del tiempo no han sido considerados como material que influya en las obras civiles. Pero en la actualidad esta concepción es considerada no apta ya que los suelos aportan a las diferentes obras de ingeniería múltiples beneficios como: Conocer el grado de resistencia del subsuelo, Propiedades físicas reales de los suelos,

entre otras.

Era tanto la poca importancia que se le daba al suelo, que para una de las artes más antiguas de la actividad humana como es la construcción de fundaciones (nace con la necesidad de construir del ser humano al dejar de ser nómada, hace 12000 años aproximadamente), siempre fueron unos de los tópicos más abandonados de la tecnología de la construcción y de la arquitectura. Es así que para la construcción de las fundaciones realizadas por las antiguas culturas, dependían del espacio y del material disponible y no de las cargas y la capacidad portante del suelo. Esto es evidenciado en culturas como Mesopotamia donde las fundaciones se realizaban en Suelos blandos de aluvión con la utilización de ladrillos cerámicos apoyados sobre esteras de cañas; Egipto: Construcciones religiosas monumentales, Bloques de roca apoyados directamente sobre arenisca; La Biblia: En el antiguo testamento figura una recomendación sobre la fundación de estructuras, Fundar en roca en lugar de arena. Y Antigua Grecia: Viviendas livianas (madera) y templos religiosos de piedra fundados sobre colchones de roca.

Ya con el transcurso del tiempo las culturas fueron ganando experiencia y se fue dando más importancia al suelo, dando espacio al desarrollo de técnicas de construcción como lo hizo la antigua Roma, debido a la expansión del imperio necesito desarrollar la ingeniería civil y debido a esto aparece el cemento pozolánico, la estabilización de suelos y las primeras reglas y principios escritos referidos a la arquitectura y la construcción.

Aunque en la edad media en los periodos Prerománico y Románico las fundaciones eran hechas al Colocar escombros mezclados con mortero pobre o arcilla dentro de excavaciones con las dimensiones de la edificación, todavía reinaba el espacio y los materiales disponibles sin consideraciones de la capacidad del suelo. En el Período Gótico, de comienzos del Siglo XII a las primeras décadas del Siglo XVI las Fundaciones son más adecuadas, morteros de mejor calidad y bloques de roca mejor cortadas (más regulares), selección del lugar de instalación y cierto reconocimiento de las condiciones del subsuelo. Pero punto de inflexión en la Ingeniería de Fundaciones se dio en el período Neoclásico (S XVIII al S XX). Los avances tecnológicos y la aplicación de nuevos materiales (morteros hidráulicos, acero, etc.) se conectaron a la práctica de la construcción. Nuevas localizaciones de construcciones por crecimiento

de ciudades (avance sobre terrenos bajos de baja capacidad portante). En la actualidad el suelo es la parte fundamental de una cimentación, por lo cual se ha visto la necesidad de profundizar investigaciones en este campo, llegando así a encontrar formas de cálculos para hallar dos factores fundamentales a la hora del diseño de cimientos, como los son la capacidad de carga y asentamientos del suelo. Para la capacidad de carga en la actualidad existen teorías muy utilizadas como son la teoría de Terzaghi, Skempton y Meyerhof, de las cuales se derivan las ecuaciones de Hansen y Vesic, y para el cálculo de asentamientos inmediatos se basa en métodos empíricos tales como correlaciones directas entre resultados de campo y el asentamiento, ensayos de resistencia a la penetración SPT o CPT y método de Schmertman.

2.8 HIPÓTESIS A DEMOSTRAR

La determinación de la capacidad portante de los suelos en el Asentamiento Humano Satélite, Distrito de La Banda de Shilcayo, permitirá elaborar un mapa de zonificación de suelos, donde se presente información clasificada para los fines que se requiera.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

3.1.1 RECURSOS HUMANOS

Para este presente trabajo de investigación se contó con la colaboración del siguiente personal:

El Asesor: Es el que orienta y coordina el desarrollo de la metodología de la investigación de este trabajo para llegar a los objetivos planteados.

El Tesista: Es el encargado de desarrollar el trabajo de investigación manejando todos los procesos que intervienen en el desarrollo, coordinando constantemente con el asesor, el personal del laboratorio.

El Técnico de Laboratorio: Es el que realiza las pruebas de los materiales a utilizar así como también interviene en coordinación con el tesista en la obtención de los resultados de los siguientes ensayos de laboratorio:

Contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, límite líquido y límite plástico, clasificación unificada de suelos, peso específico del sólido, gravedad específica de los sólidos, peso volumétrico y corte directo para la obtención de la capacidad portante del suelo en ensayo.

Jefe de Laboratorio: Es la persona responsable del laboratorio de ensayos de materiales el cual interviene en todo el proceso de pruebas y diagnóstico final certificando así todos los ensayos realizados por el tesista.

3.1.2 RECURSOS MATERIALES

Material bibliográfico: Libros referente al tema complementando en el marco teórico.

Material de escritorio: cartuchos de tinta para impresora, CD, papel A4, lapiceros.

3.1.3 RECURSOS DE EQUIPOS

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD. ASTM D2216

EQUIPO:

Recipiente para humedad (aluminio o lata)

Horno eléctrico (estufa) con control de temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

Balanza de precisión.



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO. ASTM D422

EQUIPO:

Un juego de tamices normalizados según la tabla anterior.

Dos balanzas: con capacidades superiores a 20 kg. y 2000 gr. Y precisiones de 1gr. y 0,1gr. Respectivamente.

Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Un vibrador mecánico.

Herramientas y accesorios: Bandeja metálica, recipientes plásticos y escobilla.



DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO. ASTM D4318

EQUIPO:

Aparato del Límite Líquido (Copa de Casagrande), el que consiste en una taza (cuchara) de bronce con una masa de 200 ± 20 gr. montada en un dispositivo de apoyo fijado a una base de caucho, madera o plástico duro.

Acanalador (Casagrande o ASTM), mango de calibre de 1cm. para verificar altura de caída de la cuchara o copa.

Plato de evaporación de porcelana de 120mm. de diámetro.

Espátula hoja flexible de 20mm. de ancho y 70mm. de largo.

Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Balanza de precisión de 0,01gr.

Herramientas y accesorios. Placas de vidrio, agua destilada, recipientes herméticos, malla N° 40 ASTM y probeta de 25ml de capacidad.



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. ASTM D4318

EQUIPO:

Plato de evaporación de porcelana de 120mm. de diámetro.

Espátula hoja flexible 20mm. de ancho y 70mm. de largo.

Placa de vidrio esmerilado o mármol como superficie de amasado.

Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.

Patrón de comparación, puede usarse un alambre ó plástico de 3mm. de diámetro.

Balanza de precisión de 0,01gr.

Probeta de 25mm. de capacidad.

Herramientas y accesorios. Malla N^o40 ASTM, agua destilada y recipientes herméticos.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD IN SITU (PESO VOLUMÉTRICO DE UN SUELO)

EQUIPO:

Aparato cono de arena, compuesto por una válvula cilíndrica de 12.7 mm. de abertura, con un extremo terminado en embudo y el otro ajustado a la boca de un recipiente de aproximadamente 3785cm^3 (1 galón). de capacidad. El aparato deberá llevar una placa base, con un orificio central de igual diámetro al del embudo.

Arena estandarizada, la cual deberá ser lavada y secada en horno hasta masa constante. Generalmente se utiliza arena de Ottawa, que corresponde a un material que pasa por la malla N^o 20 ASTM (0,85 mm.) y queda retenida en la malla N^o 30 ASTM (0,60mm.)

Dos balanzas, de capacidad superior a 10kg. y 1000gr, con precisión de 1gr. y de 0,01gr. Respectivamente.

Equipo de secado, podrá ser un hornillo o estufa de terreno.

Molde patrón de compactación de 6" de diámetro. y 944cc. De capacidad.

Herramientas y accesorios. Recipientes herméticos con tapa, martillo, cincel, tamices, espátula, brocha y regla metálica.

DETERMINACION DEL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

EQUIPO:

Suministro de agua desairada con temperatura estabilizada.

Frasco volumétrico de 250 o 500 ml.

Bomba de vacíos o aspirador para producir vacío.

Mortero y mango para mortear.

Balanza de precisión 0.1 gr.

Termómetro.

Desecador.- con un diámetro Aprox. De 200 mm.

Horno.- Capas de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$

Opcional: Recipiente de agua helada y mezclador mecánico de refrescos.

Con anterioridad a la práctica (1 día antes), se debe recolectar y desairar una cantidad suficiente de agua común o destilada, cerca de 1000 ml cada grupo, utilizar agua común, agua caliente, y/o agua helada para efectuar una estabilización en la temperatura del agua.



CORTE DIRECTO. ASTM D3080

EQUIPO:

Aparato de corte

Caja de corte

Aditamentos de carga



3.2. METODOLOGIA

3.2.1 UNIVERSO, MUESTRA, POBLACIÓN

Universo.

Está conformada por los suelos comprendidos en el Asentamiento Humano Satélite, Distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

Muestra.

Corresponde los suelos comprendidos en el Asentamiento Humano Satélite, Distrito de

La Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

Ámbito Geográfico.

La investigación se realizará en el Asentamiento Humano Satélite, Distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

3.2.2 SISTEMAS DE VARIABLES

Variable Independiente.

Elección de puntos y profundidad de muestreo.

Variable dependiente.

Valor de la Capacidad portante del suelo del Asentamiento Humano Satélite, Distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

Variables Intervinientes

Factores de afectación al cálculo de la capacidad portante.

3.2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN: El tipo de investigación fue descriptivo, sobre la que se buscó especificar y analizar las características geológicas y geotécnicas del suelo, los estudios descriptivos se caracterizan por la selección de una serie de variables y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga.

3.2.3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: El diseño fue no experimental de tipo transeccional y lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural como: geológicos, hidrológicos e hidráulicos y geológicos-climáticos, para después analizarlos. Los diseños transeccionales tienen la ventaja de que se basan en la observación de objetos de investigación tal como existe en la realidad, sin intervenir en ellos ni manipularlos (Sierra, 1993). Según el carácter de la medida el enfoque del estudio es mixto, se analizaron variables cuantitativas y cualitativas.

3.2.3.3 INSTRUMENTOS BIBLIOGRÁFICOS: En primer lugar, se procedió a recopilar la información bibliográfica existente en los textos especializados en relación a la obtención de la capacidad portante de los suelos.

En segundo lugar se procedió a revisar los principales conceptos sobre los ensayos de laboratorio a realizar estos son:

Contenido de Humedad, Analisis Granulométrico por Tamizado, Limite Liquido y Limite, Clasificación Unificada de Suelos, Peso Específico del Solido, Gravedad Específica de los Sólidos, Peso Volumétrico, Corte Directo, para la obtención de la capacidad portante del suelo en ensayo.

3.2.3.4 DE LO RELACIONADO A LAS NORMAS

ENSAYOS ESTANDAR

<u>ENSAYOS ESTANDAR</u>	<u>NORMA USADA</u>
01 Contenido de Humedad Natural	ASTM D2216
02 Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D422
03 Límite Líquido y Límite Plástico	ASTMD4318
04 Clasificación Unificada de Suelos	ASTM D2487
05 Peso Específico del Sólido	ASTM D854
06 Gravedad Específica de los Sólidos	ASTM D856

ENSAYOS ESPECIALES

<u>ENSAYOS ESPECIALES</u>	<u>NORMA USADA</u>
01 Corte Directo	ASTM D3080

3.2.4 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

EXPLORACIÓN DE SUELOS:

RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Los trabajos fueron realizados por el tesista y el personal de apoyo del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Universidad Nacional de San Martín, identificando los lugares y zonas en los cuales se deberían realizar las excavaciones con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del área de estudio, realizando 20 calicatas o pozos a cielo abierto distribuidos convenientemente.

EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO (CALICATAS)

Con la finalidad de determinar las Propiedades Índice, el perfil estratigráfico, el esfuerzo admisible por zonas de acuerdo a las características de los suelos, se han realizado 20 calicatas o pozos a cielo abierto distribuidos convenientemente en el área de estudio.

Muestreo disturbado.- Se han recuperado muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelo encontrados durante las excavaciones, en cantidad suficiente o representativa, para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

Muestreo inalterado.- Se han recuperado muestras inalteradas de las calicatas a una profundidad promedio de 3 metros y acondicionadas para el traslado al laboratorio.

Registro de excavaciones.- Paralelamente se realizó el registro de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelo encontrado, tales como buzamiento, humedad, plasticidad, peso volumetrico, etc.

ESPACIAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CALICATAS

El espaciamiento de las calicatas y las características de cada una de ellas varían de acuerdo a la topografía y ubicación de las zonas más pobladas.

Las calicatas fueron realizadas según la Norma Técnica ASTM D420, la cual es aplicable a todos los Estudios De Mecánica De Suelos (EMS).

Los autores y estudios indican que para estudios como el muestreo, a fin de lograr una buena precisión del perfil estratigráfico del suelo, se deben tomar muestras a distancias entre los 40 m y 100 m, por lo que se ha realizado la excavación de 20 calicatas o pozos a cielo abierto a una profundidad no menor de 3.00.

El Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), nos ha permitido examinar en su estado natural las características de los tipos de suelos, que constituyen cada estrato de la zona en estudio, haciendo una descripción completa de los mismos, clasificando los suelos en forma precisa por su textura. Las técnicas de muestreo se han realizado según Norma ASTM 420.

Las muestras llevadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la

Universidad Nacional de San Martín, fueron las más representativas y en cantidades reglamentarias para cada tipo de material, escogidos luego del cuarteo respectivo.

Para el transporte de las muestras extraídas, se han utilizado bolsas plásticas y recipientes cerrados herméticamente, a los cuales para su identificación, se les colocó etiquetas con los siguientes datos:

Nombre del proyecto.

Ubicación de calicata.

Fecha de excavación.

Número de calicata.

Número de estrato.

Tipo de muestra.

Profundidad de la muestra.

Responsable.

Perfil estratigráfico.

ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Las muestras extraídas en los puntos de investigación y/o muestreo de la fase de investigación de campo, se determinaron sus propiedades físicas y mecánicas mediante la ejecución de los ensayos estándar y especiales que se indican a continuación:

ENSAYOS ESTANDAR

	<u>NORMA USADA</u>
01 Contenido de Humedad Natural	ASTM D2216
02 Analisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D422
03 Limite Liquido y Limite Plastico	ASTMD4318
04 Clasificación Unificada de Suelos	ASTM D2487
05 Peso Específico del Solido	ASTM D854
06 Gravedad Específica de los Solidos	ASTM D856
07 Densidad De Campo (Método De Cono De Arena)	ASTM D1556

ENSAYOS ESPECIALES

	<u>NORMA USADA</u>
01 Corte Directo	ASTM D3080

IV. RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SATÉLITE, DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO.

CALICATA MUESTRA	DESCRIPCION	HUMEDAD NATURAL %
C-01	Jr. La Oroya – Psj. Marona	14.67
C-02	Jr. Capirona – Psj. Marona	15.86
C-03	Jr. Los Cedros - Psj. Marona	9.57
C-04	Jr. Las Almendras – Jr. Micaela Bastidas	17.61
C-05	Jr. Las Palmeras - Jr. Daniel Alcides Carrión	14.13
C-06	Jr. La Oroya - Jr. Daniel Alcides Carrión	9.89
C-07	Jr. Los Cedros - Jr. Daniel Alcides Carrión	16.73
C-08	Jr. Las Almendras - Jr. Daniel Alcides Carrión	16.67
C-09	Jr. Miguel Grau - Jr. Oroya	16.54
C-10	Jr. Capirona - Jr. Miguel Grau	16.28
C-11	Jr. Los Cedros - Jr. Miguel Grau	16.67
C-12	Jr. Las Almendras - Jr. Miguel Grau	15.37
C-13	Jr. Miguel Grau – Av. 02 de Diciembre	15.70
C-14	Jr. Las Palmeras - Jr. Los Ángeles	16.08
C-15	Jr. La Oroya - Jr. Manuel Pinedo Arévalo	14.56
C-16	Jr. La Oroya - Jr. Capirona	17.50
C-17	Jr. Los Cedros - Jr. Los Ángeles	16.96
C-18	Jr. Las Almendras - Jr. Los Andes	17.17
C-19	Jr. Manuel Pinedo Arévalo – Av. 02 de Diciembre	16.09
C-20	Jr. Los Ángeles – Av. 02 de Diciembre	16.00

Cuadro N° 07:
Resumen de la
obtención del
contenido de
humedad
natural.

FUENTE: Elaboración propia

4.2. COMPOSICIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

Cuadro N° 08: Resumen de las características granulométricas

CALICATA MUESTRA	DESCRIPCION - CALLE	GRANULOMETRIA (gr)			
		MALLA	MALLA	MALLA	MALLA
		# 4	#10	# 40	#200
C-01 M II	Jr. La Oroya - Psj Marona	99.11	98.95	95.19	60.34
C-02 M II	Jr. Capirona – Psj. Marona	99.92	99.45	95.79	59.37
C-02 M III	Jr. Capirona – Psj. Marona	48.64	48.63	45.16	38.70
C-03 M II	Jr. Los Cedros - Psj. Marona	53.52	50.73	48.48	32.06
C-04 M II	Jr. Las Almendras – Jr. Micaela Bastidas	100.00	99.80	95.98	61.87
C-04 M III	Jr. Las Almendras – Jr. Micaela Bastidas	49.46	49.40	46.15	39.77
C-05 M II	Jr. Las Palmeras - Jr. Daniel Alcides Carrión	98.64	97.70	94.15	60.34
C-06 M II	Jr. La Oroya - Jr. Daniel Alcides Carrión	99.72	99.15	92.98	68.38
C-07 M II	Jr. Los Cedros - Jr. Daniel Alcides Carrión	100.00	99.81	94.00	59.98
C-08 M II	Jr. Las Almendras - Jr. Daniel Alcides Carrión	100.00	99.83	93.82	60.35
C-09 M II	Jr. Miguel Grau - Jr. Oroya	100.00	99.78	93.61	59.54
C-10 M II	Jr. Capirona - Jr. Miguel Grau	100.00	99.84	93.81	60.44
C-11 M II	Jr. Los	100.00	99.82	93.84	59.60

	Cedros - Jr. Miguel Grau				
C-12 M II	Jr. Las Almendras - Jr. Miguel Grau	100.00	99.59	88.98	52.45
C-13 M II	Jr. Miguel Grau – Av. 02 de Diciembre	100.00	99.92	94.79	50.43
C-14 M II	Jr. Las Palmeras - Jr. Los Ángeles	99.46	97.47	83.90	67.31
C-15 M II	Jr. La Oroya - Jr. Manuel Pinedo Arévalo	98.90	97.46	84.44	69.21
C-16 M III	Jr. La Oroya - Jr. Capirona	97.12	93.64	75.73	59.18
C-17 MII	Jr. Los Cedros - Jr. Los Ángeles	99.48	97.41	83.75	66.64
C-18 MII	Jr. Las Almendras - Jr. Los Andes	97.11	93.61	75.50	59.08
C-19 MII	Jr. Manuel Pinedo Arévalo – Av. 02 de Diciembre	98.91	97.38	84.16	68.94
C-20 MII	Jr. Los Ángeles – Av. 02 de Diciembre	98.90	97.40	84.16	69.04

FUENTE: Elaboración propia

4.3.RESULTADOS DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA.

Cuadro N° 09: Resumen de los Límites de Consistencia

CALICATA MUESTRA	DESCRIPCION	PROPIEDADES INDICES		
		L.L %	L.P. %	IP %
C-01 M II	Jr. La Oroya - Psj Marona	43.75	23.13	20.62
C-02 M II	Jr. Capirona – Psj. Marona	39.34	21.69	17.65
C-02 M III	Jr. Capirona – Psj. Marona	31.74	19.56	12.18
C-03 M II	Jr. Los Cedros - Psj. Marona	34.51	19.13	15.38
C-04 M II	Jr. Las Almendras – Jr. Micaela Bastidas	44.09	23.12	20.97
C-04 M III	Jr. Las Almendras – Jr. Micaela Bastidas	31.43	19.85	11.58
C-05 M II	Jr. Las Palmeras - Jr. Daniel Alcides Carrión	40.93	23.09	17.84
C-06 M II	Jr. La Oroya - Jr. Daniel Alcides Carrión	33.53	19.84	13.69
C-07 M II	Jr. Los Cedros - Jr. Daniel Alcides Carrión	33.11	20.64	12.47
C-08 M II	Jr. Las Almendras - Jr. Daniel Alcides Carrión	34.02	20.99	13.03
C-09 M II	Jr. Miguel Grau - Jr. Oroya	32.08	21.39	10.69
C-10 M II	Jr. Capirona - Jr. Miguel Grau	33.97	20.08	13.89
C-11 M II	Jr. Los Cedros - Jr. Miguel Grau	32.78	19.80	12.98
C-12 M II	Jr. Las Almendras - Jr. Miguel Grau	31.19	19.80	11.39
C-13 M II	Jr. Miguel Grau – Av. 02 de Diciembre	31.10	19.80	11.30
C-14 M II	Jr. Las Palmeras - Jr. Los Ángeles	38.26	24.26	14.00
C-15 M II	Jr. La Oroya - Jr. Manuel Pinedo Arévalo	38.64	24.55	14.09
C-16 M III	Jr. La Oroya - Jr. Capirona	31.01	18.38	12.63
C-17 MII	Jr. Los Cedros - Jr. Los Ángeles	38.21	24.26	13.95
C-18 MII	Jr. Las Almendras - Jr. Los Andes	30.99	18.38	12.61
C-19 MII	Jr. Manuel Pinedo Arévalo – Av. 02 de Diciembre	38.59	24.56	14.03
C-20 MII	Jr. Los Ángeles – Av. 02 de Diciembre	38.64	24.55	14.09

Fuente: Elaboración propia

4.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

Cuadro N° 10: Resumen de la clasificación de los suelos

CALICATA MUESTRA	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO
C-01 M II	Jr. La Oroya - Psj Marona	CL	A-7-6(10)
C-02 M II	Jr. Capirona – Psj. Marona	CL	A-6(10)
C-02 M III	Jr. Capirona – Psj. Marona	GC	A-6(1)
C-03 M II	Jr. Los Cedros - Psj. Marona	CL	A-2-6(1)
C-04 M II	Jr. Las Almendras – Jr. Micaela Bastidas	CL	A-7-6(11)
C-04 M III	Jr. Las Almendras – Jr. Micaela Bastidas	GC	A-6(1)
C-05 M II	Jr. Las Palmeras - Jr. Daniel Alcides Carrión	CL	A-7-6(9)
C-06 M II	Jr. La Oroya - Jr. Daniel Alcides Carrión	CL	A-6(8)
C-07 M II	Jr. Los Cedros - Jr. Daniel Alcides Carrión	CL	A-6(6)
C-08 M II	Jr. Las Almendras - Jr. Daniel Alcides Carrión	CL	A-6(7)
C-09 M II	Jr. Miguel Grau - Jr. Oroya	CL	A-6(4)
C-10 M II	Jr. Capirona - Jr. Miguel Grau	CL	A-6(8)
C-11 M II	Jr. Los Cedros - Jr. Miguel Grau	CL	A-6(6)
C-12 M II	Jr. Las Almendras - Jr. Miguel Grau	CL	A-6(3)
C-13 M II	Jr. Miguel Grau – Av. 02 de Diciembre	CL	A-6(3)
C-14 M II	Jr. Las Palmeras - Jr. Los Ángeles	CL	A-6(8)
C-15 M II	Jr. La Oroya - Jr. Manuel Pinedo Arévalo	CL	A-6(9)
C-16 M III	Jr. La Oroya - Jr. Capirona	CL	A-6(6)
C-17 MII	Jr. Los Cedros - Jr. Los Ángeles	CL	A-6(8)
C-18 MII	Jr. Las Almendras - Jr. Los Andes	CL	A-6(6)
C-19 MII	Jr. Manuel Pinedo Arévalo – Av. 02 de Diciembre	CL	A-6(9)
C-20 MII	Jr. Los Ángeles – Av. 02 de Diciembre	CL	A-6(9)

Fuente: Elaboración propia

4.5.RESULTADOS DE LA DENSIDAD DE CAMPO.

Cuadro N° 11: Resumen Densidad de Campo

CALICAT A MUESTR A	DESCRIPCION	PROFUND. MUESTRA m.	Densidad de Campo	
			γ_h gr/cm ³	γ_s gr/cm ³
C-01 M II	Jr. La Oroya – Psj. Marona	0.30-3.00	1.809	1.578
C-04 M II	Jr. Las Almendras – Jr. Micaela Bastidas	0.20-1.60	1.763	1.499
C-09 M II	Jr. Miguel Grau - Jr. Oroya	0.30-3.00	1.734	1.488
C-12 M II	Jr. Las Almendras - Jr. Miguel Grau	0.20-3.00	1.720	1.490
C-18 MII	Jr. Las Almendras - Jr. Los Andes	0.50-3.00	1.760	1.500
C-20 MII	Jr. Los Ángeles – Av. 02 de Diciembre	0.40-3.00	1.780	1.540

Fuente: Elaboración propia

4.6. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LOS SUELOS, ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN

Cuadro N° 12: Resumen Parámetros Geotécnicos

CORTE DIRECTO			
$\gamma_{nat\ 1}$ (gr/cm ³)	$\gamma_{nat\ 2}$ (gr/cm ³)	ANG .FRICCION Ø	COHESION Kg/cm ²
1.81	1.81	26.00	0.38
1.81	1.81	26.00	0.39
1.73	1.73	20.00	0.22
1.72	1.72	22.00	0.20
1.76	1.76	20.00	0.23
1.78	1.78	24.00	0.23

Fuente: Elaboración propia

4.7. CAPACIDAD ADMISIBLE DE LOS SUELOS:

Cuadro N° 13: Resumen Capacidad Admisible de los Suelos

CALICATA MUESTRA	CALLE	PROFUNDIDAD MUESTRA (m)	CAPACIDAD ADMISIBLE DE LOS SUELOS							
			CORTE DIRECTO			DENSIDAD DE CAMPO		ANCHO DE CIMENTACIÓ N (m)	PROFUNDIDAD DESPLANTE (m)	CAPACIDAD ADMISIBLE (Kg/cm2)
			γ (gr/cm3)	ANG. FRICCIÓN ϕ	COHESIÓN Kg/cm2	$\gamma_{nat 1}$ (gr/cm3)	$\gamma_{nat 2}$ (gr/cm3)			
C-01	Jr. La Oroya – Psj. Marona	0.30 - 3.00	1.81	26.00	0.38	1.81	1.81	1.00	-1.50	1.25
C-04	Jr. Las Almendras – Jr. Micaela Bastidas	0.20 - 1.60	1.81	26.00	0.39	1.81	1.81	1.00	-1.50	1.16
C-09	Jr. Miguel Grau - Jr. Oroya	0.30 - 3.00	1.73	20.00	0.22	1.73	1.73	1.00	-1.50	0.69
C-12	Jr. Las Almendras - Jr. Miguel Grau	0.20 - 3.00	1.72	22.00	0.20	1.72	1.72	1.00	-1.50	1.00
C-18	Jr. Las Almendras - Jr. Los Andes	0.50 - 3.00	1.76	20.00	0.23	1.76	1.76	1.00	-1.50	0.71
C-20	Jr. Los Ángeles – Av. 02 de Diciembre	0.40 - 3.00	1.78	24.00	0.23	1.78	1.78	1.00	-1.50	0.76

Fuente:

Elaboración

propia

4.8. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS:

La capacidad última y capacidad admisible de cargas serán determinadas aplicando la teoría de Karl Terzaghi, utilizando la siguiente expresión:

$$q_u = C'N'_C + \gamma D_f N'_q + 0.5 \gamma B N'_\gamma$$

$$q_u = 2/3 C N'_C + \gamma D_f N'_q + 0.5 \gamma B N'_\gamma$$

$$q_{ad} = q_u / F_s$$

Donde:

q_u : Capacidad última de carga.

q_{ad} : Capacidad admisible de carga.

F_s : Factor de seguridad.

γ : Densidad natural.

B : Ancho de la zapata.

D_f : Profundidad de la cimentación.

C : Cohesión.

N'_C, N'_q, N'_γ : Factores de carga en función del ángulo de fricción " ϕ "

CALICATA C-01

Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	26.00°
Cohesión	:	C	=	0.38 Kg/cm ²
Densidad natural	:	γ_n	=	1.81 x 10 ⁻³ Kg/cm ³
Nivel freático	:	D_w	=	-
Profundidad de cimentación	:	D_f	=	1.50 m <> 150 cm
Factor de carga	:	N'_C	=	10.90
		N'_q	=	3.36
		N'_γ	=	0.88
Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m <> 100 cm
Factor de seguridad	:	F_s	=	3

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$q_u = 3.75 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = \boxed{1.25 \text{ Kg/cm}^2}$$

CALICATA C-04

Ángulo de fricción interna	:	\emptyset	=	26.00°
Cohesión	:	C	=	0.39 Kg/cm ²
Densidad natural	:	γ_n	=	1.81 x 10 ⁻³ Kg/cm ³
Nivel freático	:	D _w	=	-
Profundidad de cimentación	:	D _f	=	1.50 m <> 150 cm
Factor de carga	:	N' _c	=	10.06
		N' _q	=	2.92
		N' _γ	=	0.67
Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m <> 100 cm
Factor de seguridad	:	F _s	=	3

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$q_u = 3.47 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = \boxed{1.16 \text{ Kg/cm}^2}$$

CALICATA C-09

Ángulo de fricción interna	:	\emptyset	=	20.00°
Cohesión	:	C	=	0.22 Kg/cm ²
Densidad natural	:	γ_n	=	1.73 x 10 ⁻³ Kg/cm ³
Nivel freático	:	D _w	=	-
Profundidad de cimentación	:	D _f	=	1.50 m <> 150 cm
Factor de carga	:	N' _c	=	9.31
		N' _q	=	2.55
		N' _γ	=	0.48
Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m <> 100 cm
Factor de seguridad	:	F _s	=	3

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$q_u = 2.07 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = \boxed{0.69 \text{ Kg/cm}^2}$$

CALICATA C-12

Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	22.00°
Cohesión	:	C	=	0.20 Kg/cm ²
Densidad natural	:	γ_n	=	1.72 x 10 ⁻³ Kg/cm ³
Nivel freático	:	D _w	=	-
Profundidad de cimentación	:	D _f	=	1.50 m <> 150 cm
Factor de carga	:	N' _c	=	12.92
		N' _q	=	4.48
		N' _{γ}	=	1.55
Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m <> 100 cm
Factor de seguridad	:	F _s	=	3

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$q_u = 3.01 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = \boxed{1.00 \text{ Kg/cm}^2}$$

CALICATA C-18

Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	20.00°
Cohesión	:	C	=	0.23 Kg/cm ²
Densidad natural	:	γ_n	=	1.76 x 10 ⁻³ Kg/cm ³
Nivel freático	:	D _w	=	-
Profundidad de cimentación	:	D _f	=	1.50 m <> 150 cm
Factor de carga	:	N' _c	=	9.31
		N' _q	=	2.55
		N' _{γ}	=	0.48
Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m <> 100 cm
Factor de seguridad	:	F _s	=	3

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$q_u = 2.14 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = \boxed{0.71 \text{ Kg/cm}^2}$$

CALICATA C-20

Ángulo de fricción interna	:	ϕ	=	24.00°
----------------------------	---	--------	---	--------

Cohesión	:	C	=	0.23 Kg/cm ²
Densidad natural	:	γ_n	=	1.79×10^{-3} Kg/cm ³
Nivel freático	:	D _w	=	-
Profundidad de cimentación	:	D _f	=	1.50 m <> 150 cm
Factor de carga	:	N' _c	=	9.67
		N' _q	=	2.73
		N' _γ	=	0.57
Ancho de la cimentación	:	B	=	1.00 m <> 100 cm
Factor de seguridad	:	F _s	=	3

Utilizando la ecuación propuesta se obtiene:

$$q_u \quad \approx \quad 2.27 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{ad} \quad = \quad \boxed{0.76 \text{ Kg/cm}^2}$$

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS.

5.1.1. GENERALIDADES.

Al finalizar el presente trabajo, la información obtenida a partir de los resultados de ensayos durante la etapa de investigación, se resumió finalmente los aspectos más relevantes del proceso de la presente tesis, que nos permite encontrar la capacidad admisible de los suelos dato necesario para cumplir con la zonificación de la capacidad admisible del sector.

Los materiales usados para la presente investigación fueron:

Los suelos que presentes en el Asentamiento Humano Satélite.

Equipos de Mecánica de suelos según la Norma Técnica Peruana NTP 339.133.

Todo el procesamiento y la parte experimental han sido realizados bajo las Normas Técnicas Peruanas.

5.1.2. ENSAYOS PRELIMINARES.

Se determinaron las propiedades físicas de los suelos del lugar con el objetivo de clasificarlos.

5.1.3. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Se ha desarrollado los ensayos de laboratorio de contenido de humedad, límites de consistencia (atterberg), análisis granulométrico, densidad de campo, corte directo y clasificación de suelos, teniendo en cuenta las normas establecidas vigentes.

Asimismo estos ensayos han permitido determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación, así como también el tipo de suelo y sus características, los que se mencionan a continuación:

Calicata 01: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por suelo transportado con mezcla de arena y arcillas con presencia de materiales en descomposición, suelo arcilloso color negro con presencia de raíces hasta los 0.30 metros seguido de un suelo arenosos arcilloso contaminado.

Clasificación SUCS: CL-SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 3.00m de excavación en el que el suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura con finos de 60.34%, de plasticidad mediana, con LL = 43.75%, color amarillo con resistencia al corte regular, no presenta nivel freático, con porcentaje de arena del 38.77% del total de la muestra y contenido de humedad del 14.67%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-7-6(10)

Se realizó además el ensayo de corte Directo de esta muestra del que se obtuvieron los datos necesarios para el cálculo de la capacidad portante de esta zona.

Capacidad Portante : $q_{ad} = 1.25 \text{ Kg/cm}^2$

Calicata 02: Al realizar la excavación de la calicata en este punto se encontraron tres estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por Suelo arenoso con material transportado, arena mal graduada color beige, con mezcla de grava de diámetro desde 2".

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 1.60m de excavación en el que el suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura con finos de 59.37%, humedad media de plasticidad mediana, con LL = 39.34% color amarillento con resistencia al corte de regular, no presenta nivel freático, con porcentaje de arena del 40.55% del total de la muestra y contenido de humedad del 15.86%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(10)

El tercer estrato está comprendido entre los 1.60m a 3.00m de excavación en el que el suelo es una grava arcillosa, mezcla de grava y arcilla con 38.70% de finos, con matiz de arcilla color amarillo, con una resistencia al corte regular de consistencia dura, finos de baja plasticidad, con un porcentaje de arena de 9.94%, a 0.50 metros se observa mezcla con gravas hasta 12" de diámetro y contenido de humedad del 9.80%.

Clasificación SUCS: GC

Clasificación AASHTO: A-6(1)

Calicata 03: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por suelo transportado con mezcla de arena y arcillas con presencia de materiales en descomposición, suelo arcilloso color negro con presencia de raíces hasta los 0.20 metros seguido de un suelo arenoso arcilloso contaminado.

Clasificación SUCS: CL-SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 3.00m de excavación en el que el suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura con finos de 61.65%, humedad media de plasticidad mediana, con LL = 39.82% color amarillento con resistencia al corte de regular, no presenta nivel freático, con porcentaje de arena del 38.03% del total de la muestra y contenido de humedad del 9.57%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(9)

Calicata 04: Al realizar la excavación de la calicata en este punto se encontraron tres estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.20m de excavación compuesto por suelo arenoso con material transportado, arena mal graduada color beige, con mezcla de grava de diámetro desde 2".

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.20m y 1.60m de excavación en el que el suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura con finos de 61.87%, humedad media de plasticidad mediana, con LL = 44.09% color amarillento con resistencia al corte de regular, no presenta nivel freático, con porcentaje de arena del 38.13% del total de la muestra y contenido de humedad del 17.61%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-7-6(11)

El tercer estrato está comprendido entre los 1.60m a 3.00m de excavación en el que el suelo es una grava arcillosa, mezcla de grava y arcilla con 39.77% de finos, con matriz de arcilla color amarillo, con una resistencia al corte regular de consistencia dura, finos de baja plasticidad, con un porcentaje de arena de 9.69%, a 0.40 metros se observa mezcla con gravas hasta 8" de diámetro y contenido de humedad del 9.80%.

Clasificación SUCS: GC

Clasificación AASHTO: A-6(1)

Se realizó además el ensayo de corte Directo de esta muestra del que se obtuvieron los datos necesarios para el cálculo de la capacidad portante de esta zona.

Capacidad Portante : $q_{ad} = 1.16 \text{ Kg/cm}^2$

Calicata 05: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por suelo transportado con mezcla de arena y arcillas con presencia de materiales en descomposición, suelo arcilloso color negro con presencia de raíces hasta los 0.40 metros seguido de un suelo arenosos arcilloso contaminado.

Clasificación SUCS: CL-SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 3.00m de excavación en el que el suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura con finos de 60.34%, humedad media de plasticidad mediana, con LL = 40.93% color amarillento con resistencia al corte de regular, no presenta nivel freático, con porcentaje de arena del 38.30% del total de la muestra y contenido de humedad del 14.13%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-7-6(9)

Calicata 06: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por suelo arenoso limoso color beige con trazas de arena arcillosa color negro, con mezclas de gravas areniscas y suelo contaminado.

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 3.00m de excavación en el que el suelo es arcilloso inorgánico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura, resistencia en seco media, con presencia de finos en un 68.38% con LL=33.53%, con resistencia al corte regular en estado saturado, con presencia de arena en un 31.34% y contenido de humedad del 9.89%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(8)

Calicata 07: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por suelo arenoso arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 3.00m de excavación en el que el suelo es arcilloso inorgánico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura, con 59.98% de finos, LL = 33.11, con una resistencia al corte de regular a deficiente, compresibilidad y expansión mediana a elevada en condición saturada y contenido de humedad del 16.73%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(6)

Calicata 08: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por suelo arenoso arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 3.00m de excavación en el que el suelo es arcilloso inorgánico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura, con 60.35% de finos, LL = 34.02, con una resistencia al corte de regular a deficiente, compresibilidad y expansión mediana a elevada en condición saturada y contenido de humedad del 16.67%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(7)

Calicata 09: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por suelo arenoso arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 3.00m de excavación en el que el suelo es arcilloso inorgánico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura, con 59.54% de finos, LL = 32.08, con una resistencia al corte de regular a

deficiente, compresibilidad y expansión mediana a elevada en condición saturada y contenido de humedad del 16.54%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(4)

Se realizó además el ensayo de corte Directo de esta muestra del que se obtuvieron los datos necesarios para el cálculo de la capacidad portante de esta zona.

Capacidad Portante : $q_{ad} = 0.69 \text{ Kg/cm}^2$

Calicata 10: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.20m de excavación compuesto por suelo arenoso arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.20m y 3.00m de excavación en el que el suelo es arcilloso inorgánico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura, con 60.44% de finos, LL = 33.97, con una resistencia al corte de regular a deficiente, compresibilidad y expansión mediana a elevada en condición saturada y contenido de humedad del 16.28%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(8)

Calicata 11: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.40m de excavación compuesto por suelo arenoso arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.40m y 3.00m de excavación en el que el suelo es arcilloso inorgánico de plasticidad media, color amarillento, de consistencia semi dura, con 59.60% de finos, LL = 32.78, con una resistencia al corte de regular a deficiente, compresibilidad y expansión mediana a elevada en condición saturada y contenido de humedad del 16.67%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(6)

Calicata 12: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.20m de excavación compuesto por Suelo arenoso con mezcla de arena color negro con presencia de raíces que se profundizan hasta los 0.20 metros, suelo arenoso transportado de compacidad suelta no apto para terreno de fundación por presentar trazas de arcilla color negro contaminado producto de la putrefacción de raíces y hojas de los árboles del lugar.

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.20m y 3.00m de excavación en el que El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia dura con finos de 52.45%, humedad baja a media de plasticidad mediana, con LL = 31.19% color anaranjado con resistencia al corte de regular, no presenta nivel freático, con porcentaje de arena del 47.55% del total de la muestra y contenido de humedad del 15.37%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(3)

Se realizó además el ensayo de corte Directo de esta muestra del que se obtuvieron los datos necesarios para el cálculo de la capacidad portante de esta zona.

Capacidad Portante : $q_{ad} = 1.00 \text{ Kg/cm}^2$

Calicata 13: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.20m de excavación compuesto por Suelo arenoso con mezcla de arena color negro con presencia de raíces que se profundizan hasta los 0.20 metros, suelo arenoso transportado de compacidad suelta no apto para terreno de fundación por presentar trazas de arcilla color negro contaminado producto de la putrefacción de raíces y hojas de los árboles del lugar.

Clasificación SUCS: SM-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.20m y 3.00m de excavación en el que El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia dura con finos de 50.43%, humedad baja a media de plasticidad mediana, con LL = 31.10% color anaranjado con resistencia al corte de regular, no presenta nivel freático, con porcentaje de arena del 49.58% del total de la muestra y contenido de humedad del 15.70%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(3)

Calicata 14: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.60m de excavación compuesto por suelo arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: CL-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.60m y 3.00m de excavación en el que El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura con finos de 67.31%, de plasticidad mediana $LL = 38.26\%$, color amarillo con resistencia al corte de regular y contenido de humedad del 16.08%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(8)

Calicata 15: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por suelo arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: CL-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 3.00m de excavación en el que El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura con finos de 69.04%, de plasticidad mediana $LL = 38.64\%$, color amarillo con resistencia al corte de regular y contenido de humedad del 16.00%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(9)

Calicata 16: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.20m de excavación compuesto por suelo arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: CL-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.20m y 3.00m de excavación en el que El suelo es una arcilla inorgánica de consistencia semi dura con finos de 59.18%, de plasticidad mediana $LL = 31.01\%$, color amarillo con resistencia al corte de regular y contenido de humedad del 17.50%.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(6)

Calicata 17: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.30m de excavación compuesto por suelo arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: CL-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.30m y 3.00m de excavación en el que el suelo es una arcilla inorgánica de consistencia dura con finos de 67.31%, color anaranjado de plasticidad mediana con $LL = 38.26\%$, de contracción mediana con límite lineal alto suelo estable, con una resistencia al corte regular compresibilidad mediana a alta en condiciones saturadas y contenido de humedad del 16.96%. Es preciso mencionar que este suelo contiene arena gruesa cuyo suelo provienen de una matriz de rocas de areniscas cuarzosas que se encuentran en el terreno a partir de 1.50 m.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(8)

Calicata 18: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.50m de excavación compuesto por suelo arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: CL-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.50m y 3.00m de excavación en el que el suelo es una arcilla inorgánica de consistencia dura con finos de 59.18%, color anaranjado de plasticidad mediana con $LL = 31.01\%$, de contracción mediana con límite lineal alto suelo estable, con una resistencia al corte regular compresibilidad mediana a alta en condiciones saturadas y contenido de humedad del 17.17%. Es preciso mencionar que este suelo contiene arena gruesa cuyo suelo provienen de una matriz de rocas de areniscas cuarzosas que se encuentran en el terreno a partir de 1.50 m.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(6)

Se realizó además el ensayo de corte Directo de esta muestra del que se obtuvieron los datos necesarios para el cálculo de la capacidad portante de esta zona.

Capacidad Portante : $q_{ad} = 0.71 \text{ Kg/cm}^2$

Calicata 19: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.20m de excavación compuesto por suelo arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: CL-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.20m y 3.00m de excavación en el que el suelo es una arcilla inorgánica de consistencia dura con finos de 68.94%, color anaranjado de plasticidad mediana con $LL = 38.59\%$, de contracción mediana con limite lineal alto suelo estable, con una resistencia al corte regular compresibilidad mediana a alta en condiciones saturadas y contenido de humedad del 16.09%. Es preciso mencionar que este suelo contiene arena gruesa cuyo suelo provienen de una matriz de rocas de areniscas cuarzosas que se encuentran en el terreno a partir de 1.50 m.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(9)

Calicata 20: El suelo en esta zona está compuesto por dos estratos, el primero comprendido entre los 0.00m y 0.40m de excavación compuesto por suelo arcilloso color negro con mezclas de raíces.

Clasificación SUCS: CL-Pt

Clasificación AASHTO: A-8

El segundo estrato está comprendido entre los 0.40m y 3.00m de excavación en el que el suelo es una arcilla inorgánica de consistencia dura con finos de 69.04%, color anaranjado de plasticidad mediana con $LL = 38.64\%$, de contracción mediana con limite lineal alto suelo estable, con una resistencia al corte regular compresibilidad mediana a alta en condiciones saturadas y contenido de humedad del 15.99%. Es preciso mencionar que este suelo contiene arena gruesa cuyo suelo provienen de una matriz de rocas de areniscas cuarzosas que se encuentran en el terreno a partir de 1.50 m.

Clasificación SUCS: CL

Clasificación AASHTO: A-6(9)

Se realizó además el ensayo de corte Directo de esta muestra del que se obtuvieron los datos necesarios para el cálculo de la capacidad portante de esta zona.

Capacidad Portante : $q_{ad} = 0.76 \text{ Kg/cm}^2$

Tras el análisis de los datos obtenidos, según la capacidad portante, se dividirá el Asentamiento Humano Satélite en dos zonas denominadas ZONA I y ZONA II.

En la ZONA I, la capacidad portante va desde 1.00 Kg/cm² hasta 1.25 Kg/cm² con un promedio de 1.13 Kg/cm² (Ver Plano de Zonificación de Capacidad Portante Anexo) y dicha zona está compuesta por suelos de granulometría fina del tipo arcilloso CL. En esta zona están incluidas las calicatas: C-01, C-02, C-03, C-04, C-05, C-06, C-07, C-08, C-10, C-11, C-12 y C-13.

En la ZONA II, la capacidad portante va desde 0.69 Kg/cm² hasta 0.76 Kg/cm² con un promedio de 0.73 Kg/cm² (Ver Plano de Zonificación de Capacidad Portante Anexo) y dicha zona está compuesta por suelos de granulometría fina del tipo arcilloso CL. En esta zona están incluidas las calicatas: C-09, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18, C-19 y C-20.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.

Se determinó la capacidad portante del suelo del Asentamiento Humano Satélite, empleando la fórmula de Terzaghi, para una profundidad de cimentación $D_f = 1.50\text{m}$ y con un ancho de cimentación de 1.00m .

Se realizó la zonificación según la capacidad portante del suelo del Asentamiento Humano Satélite, obteniendo tras el análisis de datos dos (02) zonas denominadas ZONA I y ZONA II.

En la ZONA I, la capacidad portante va desde 1.00 Kg/cm^2 hasta 1.25 Kg/cm^2 con un promedio de 1.13 Kg/cm^2 (Ver Plano de Zonificación de Capacidad Portante Anexo) y dicha zona está compuesta por suelos de granulometría fina del tipo arcilloso CL. En esta zona están incluidas las calicatas: C-01, C-02, C-03, C-04, C-05, C-06, C-07, C-08, C-10, C-11, C-12 y C-13.

En la ZONA II, la capacidad portante va desde 0.69 Kg/cm^2 hasta 0.76 Kg/cm^2 con un promedio de 0.73 Kg/cm^2 (Ver Plano de Zonificación de Capacidad Portante Anexo) y dicha zona está compuesta por suelos de granulometría fina del tipo arcilloso CL. En esta zona están incluidas las calicatas: C-09, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18, C-19 y C-20.

Se realizó la zonificación según el tipo de suelo por el método SUCS del Asentamiento Humano Satélite a una profundidad de cimentación $D_f = 1.50\text{m}$.

El suelo del Asentamiento Humano Satélite a una profundidad de cimentación $D_f = 1.50\text{m}$ es de granulometría fina del tipo arcilloso CL, con porcentaje de humedad media a baja.

6.2. RECOMENDACIONES.

ZONA I: $q_{ad} = 1.00 \text{ Kg/cm}^2 - 1.25 \text{ Kg/cm}^2$

Se recomienda la construcción de viviendas unifamiliares, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

Para viviendas unifamiliares de hasta 03 pisos de altura, se recomienda considerar cimentaciones con zapatas cuadradas o rectangulares aisladas, desplantadas a 1.50 m de profundidad mínima.

Para viviendas unifamiliares mayores de 03 pisos de altura, se recomienda considerar cimentaciones con zapatas cuadradas o rectangulares conectadas con vigas de cimentación, desplantadas a 1.50 m de profundidad mínima y además considerar el mejoramiento del terreno de fundación con material OVER o falsas zapatas de concreto ciclópeo.

ZONA II: $q_{ad} = 0.69 \text{ Kg/cm}^2 - 0.76 \text{ Kg/cm}^2$

Se recomienda la construcción de viviendas unifamiliares, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

Teniendo en cuenta los factores económicos se recomienda construir en esta zona viviendas unifamiliares de hasta 02 pisos de altura como máximo, considerando cimentaciones con zapatas cuadradas o rectangulares conectadas con vigas de cimentación, desplantadas a 1.50 m de profundidad mínima y además considerar el mejoramiento del terreno de fundación con material OVER o falsas zapatas de concreto ciclópeo.

En el caso de querer construir viviendas mayores a 02 pisos de altura, considerar cimentaciones con losas de cimentación y además mejorar el terreno de fundación con material OVER o falsas zapatas de concreto ciclópeo.

Se recomienda utilizar las capacidades admisibles promedio para las dos zonas definidas, siendo para la ZONA I $q_{prom} = 0.73 \text{ Kg/cm}^2$ y para la ZONA II $q_{prom} = 1.13 \text{ Kg/cm}^2$, para conseguir un óptimo diseño en cuanto al factor económico y a la seguridad de las futuras estructuras a proyectarse.

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de La Banda de Shilcayo, emitir las licencias de construcción para edificaciones en el Asentamiento Humano Satélite, teniendo como base este presente estudio de investigación, para lograr un óptimo diseño en cuanto a lo económico y a la seguridad de la misma, acorde a la zona en la que se proyecte la edificación.

VII. BIBLIOGRAFIA

7.1. BIBLIOGRAFÍA

Audefroy, J. (2009). La problemática de los desastres en el hábitat urbano en América Latina. Revista INVI, 18(47).

Braja M., "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Thomson Editores, cuarta edición, 2001, México.

Cordova R, Informe de Ingeniería: "Metodología para la determinación de la capacidad portante del suelo para la cimentación del proyecto de la I.E N° 0101 Luis Walter Alvarado Bartra, Distrito - Chazuta", 2010, Perú.

Duque E., Gonzalo y otros Artículo: "Origen, formación y constitución del suelo", Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, 2002, Colombia.

Jimenez F, Jorge F. Tesis de grado: "Zonificación de la capacidad portante del suelo del distrito de la Banda de Shilcayo", 2011, Perú.

Juarez B., Eulalio y Rico R. A. "Mecánica de Suelos", Tomo I, Editorial Limusa, tercera edición, 2005, México.

López, J, López, C, El urbanismo de ladera: Un reto ambiental, tecnológico y del ordenamiento territorial Revista Bitácora Urbano Territorial [en línea] 2004, 1 (enero-diciembre): [Fecha de consulta: 29 de junio de 2017].

Mapa de Peligros de las ciudades de Tarapoto, Morales y Banda de Shilcayo – Informe Final – INDECI – 2005.

Plan de Desarrollo Urbano Ciudad de Tarapoto (Morales-Tarapoto-La Banda de Shilcayo).

Rocha g, César A. Tesis de grado: "Zonificación de la capacidad portante del suelo del distrito de Morales ", 2010, Perú.

7.2. LINKOGRAFÍA

1. Wikipedia. Disponible en [www.wikipedia.org/wiki/Capacidad portante](http://www.wikipedia.org/wiki/Capacidad_portante), vista 15 de junio 2017.
2. Wikipedia. Disponible en www.wikipedia.org/wiki/Cimentación, vista 15 de junio 2017.
3. Wikipedia. Disponible en www.wikipedia.org/wiki/Zonificación, vista 15 de junio 2017.

VIII. ANEXOS